



THESIS - RA142541

**PENGARUH LAYOUT TERHADAP KINERJA
PENCAHAYAAN ALAMI PADA APAERTEMEN
BERKONSEP *OPEN BUILDING* DI SURABAYA**

MARIA LADY HENDRIK

3215204002

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Asri Dinapradipta, MBE_{Env}

Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E,MT

PROGRAM STUDI PASCASARJANA ARSITEKTUR

BIDANG KEAHLIAN ARSITEKTUR LINGKUNGAN

JURUSAN ARSITEKTUR

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017



THESIS - RA142541

DAYLIGHTING PERFORMANCE OF VARIOUS LAYOUT ALTERNATIVES IN AN OPEN BUILDING APARTMENT IN SURABAYA

MARIA LADY HENDRIK

3215204002

Supervisor

Dr. Ir. Asri Dinapradipta, MBE

Co-Supervisor

Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E,MT

MASTER PROGRAM

ENVIRONMENTAL ARCHITECTURE

DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister
Teknik (MT)

Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Maria Lady Hendrik
NRP. 3215204002

Tanggal Ujian : 20 Juni 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh :

.....
1. Dr. Ir. Asri Dinapradipta, MBEnv
NIP. 196703011992032002

(Pembimbing I)

.....
2. Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E,MT
NIP. 196111291986012001

(Pembimbing II)

.....
3. Dr. Ima Defiana ST, MT
NIP. 197005191997032001

(Penguji I)

.....
4. Dr. Ir. Rika Kisnarini, MSc
NIP. 195307171980032001

(Penguji II)



Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dekan

.....
H. Purwanta Seti'anti, MSc, PhD

NIP. 195904271985032001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya, yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Maria Lady Hendrik

NRP : 3215204002

Program Studi : Magister (S2)

Jurusan : Arsitektur

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tesis saya dengan judul :

Pengaruh Layout Terhadap Kinerja Pencahayaan Alami pada Apartemen Berkonsep Open Building di Surabaya

Adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 25 Juli 2017



Maria Lady Hendrik
3215204002

**PENGARUH LAYOUT TERHADAP KINERJA PENCAHAYAAN
ALAMI PADA APARTEMEN BERKONSEP OPEN BUILDING
DI SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Maria Lady Hendrik
NRP : 3215204002
Pembimbing I : Dr.Ir. Asri Dinapradipta, M.B.Env.
Pembimbing II : Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E, M.T

ABSTRAK

Salah satu upaya penghematan energi pada bangunan adalah dengan memanfaatkan pencahayaan alami sebagai penerangan siang hari. Sementara itu pada bangunan apartemen berkonsep *open building*, pencahayaan alami menjadi salah satu pertimbangan penghuni untuk mendisain layout ruang agar dapat memenuhi aktivitas yang dilakukan pada siang hari. Pada konsep *open building*, penghuni dapat bertindak sekaligus sebagai profesional dalam membuat keputusan desain huniannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan pengetahuan serta untuk mengevaluasi dan menjelaskan pengaruh variasi desain *layout* dan bidang transparan pada ruang bangunan berkonsep *open building* terhadap kinerja pencahayaan alami.

Metode yang digunakan yakni metode eksperimen dengan bantuan simulasi menggunakan *Software Radiance 1.02* dan dengan melakukan modeling pada software Ecotect analysis 2011 untuk mengetahui pengaruh variasi layout dan bidang transparan terhadap kinerja pencahayaan alami. Eksperimentasi pada *base case* terdiri atas 2 tahap yaitu : (1) Menentukan, dimensi ruang, pola hubungan ruang, penzoningan, serta tata letak ruang di dalam unit. (2) Melakukan simulasi untuk mengetahui kinerja pencahayaan alami pada masing – masing variasi *layout*.

Hasil studi menunjukkan bahwa perubahan posisi kamar tidur didalam unit hunian memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap distribusi cahaya dalam ruang, pada posisi kamar tidur yang terkonsentrasi di sudut ruang, menghasilkan kondisi pencahayaan berupa distribusi iluminan dan rata-rata iluminan yang cukup baik, dibandingkan dengan posisi ruang yang tersebar pada area bidang transparan. Hal ini dikarenakan sekat kamar tidur menghalangi cahaya masuk ke ruang yang paling dalam. Selanjutnya, posisi dan jumlah bidang transparan satu dan jumlah bidang transparan tiga dan tersebar menghasilkan disrtibusi iluminan dan rata rata iluminan yang lebih baik daripada posisi bidang transparan dua. Performa distribusi tersebut disebut baik karena rata rata iluminan pada area paling dekat bidang transparan dan area ruang yang paling dalam/jauh tidak mengalami kontras berlebih yang dapat menimbulkan potensi kesilauan.

Kata kunci : apartemen open building , bidang transparan, pencahayaan alami, variasi layout

DAYLIGHTING PERFORMANCE OF VARIOUS LAYOUT ALTERNATIVES IN AN OPEN BUILDING APARTMENT IN SURABAYA

By : Maria Lady Hendrik
Student Identity Number : 3215204002
Supervisor : Dr. Ir. Asri Dinapradipta, M. B.Env.
Co-Supervisor : Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E, MT

ABSTRACT

One of energy saving efforts in buildings is to utilize natural lighting as daylighting in buildings. Meanwhile, in the *open building* concept, natural lighting becomes one of the occupant's considerations for designing the space layout in order to meet the activities requirements during the day. In *open building* concept, residents can act as a professional in making their residential design decisions. The purpose of this study is to provide alternatives layout and transparent areas that suitable for daylighting, as well as to evaluate and explain the effect of layout design variations on daylighting performance.

Method used in this study is an experimental method, with simulation using *Radiance 1.02* and *Ecotect analysis 2011* softwares to know the effect of layout and transparent variations on natural lighting performance in open building concept. Experimental determination in the base case consists of 2 stages: (1) Determining the dimensions of space, the pattern of spatial relations, zoning, and the layout of space in the unit. (2) Conducting simulation to determine the performance of natural lighting of each layout variation.

Changes in the position of layout i.e. the bedrooms within the residential unit provide considerable influences on the distribution of light in space. Bedrooms' position that are concentrated at the corner of the room will result lighting conditions such as illumination distribution and the average illumination quite good and the performance are better compared to those scattered on the room's layout. This is because the bedroom's partition blocks the light into the deepest area. Furthermore, the position and the number of transparent planes (window) also influence the daylighting performance. Layouts with one and three transparent planes provide average illuminance and illuminance distribution better than those with two transparent planes. This is because there is only a little discrepancy of the average illuminance in the area near the transparent planes and the deepest area of the room. This mild contrast decreases glare potential.

**Key words : layout variations , daylighting, open building apartment,
transparent planes**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah memberkati, memberikan hikmat dan mencurahkan segala limpahan kasihnya sehingga penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan dan menyelesaikannya tepat waktu.

Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Yang terhormat Dr. Ir. Asri Dinapradipta, MBEnv, dan Dr-Eng. Ir. Dipl-Ing. Sri Nastiti N.E, MT selaku pembimbing atas segala bimbingan, perhatian, dorongan dan juga ilmu pengetahuan yang diberikan kepada penulis.
2. Yang terhormat Dr. Ima Defiana ST. MT dan Dr. Ir. Rika Kisnarini, MSc selaku penguji yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian ini serta saran-saran yang sangat membantu penulis sehingga penulis mendapatkan banyak hal baru.
3. Yang tersayang mama Erna untuk do'a, kasih sayang, dorongan, dukungan, sehingga penulis dapat melanjutkan dan juga menyelesaikan studi ini tepat waktu.
4. Yang terkasih Jeka untuk segala do'a, dukungan, semangat, kesabaran dan dorongan yang telah diberikan kepada penulis.
5. Kepada teman – teman lab sains, dan Pak Tedy, untuk bantuan, dukungan, dan semangat yang diberikan.
6. Teman-teman pascasarjana lintas bidang dan angkatan atas do'a, kebersamaan, keceriaan, dukungan, kerjasama, dan semangat selama ini. Semoga silaturahmi kita tetap terjalin.
7. Pak Sahal dan Mas Indra atas bantuannya perihal administrasi dan hal lainnya sehingga tesis ini dapat terselesaikan. Terima kasih juga kepada Mbak Susi yang telah membantu penulis untuk mencari literatur baik di ruang baca.

8. Kontributor lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan dan dukungannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Dukungan, bantuan, semangat, dan bimbingan yang diberikan oleh mereka akan selalu berguna bagi penulis untuk kedepannya. Penulis juga menyadari bahwasanya dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Namun penulis harus tetap mendalami kembali dan juga tentunya membutuhkan kritik dan saran. Semoga penelitian ini dapat menjadi ilmu dan pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya, 27 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Abstrak.....	iii
Abstract.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Tabel.....	
 BAB 1 PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Penelitian.....	5
 BAB 2 KAJIAN TEORI.....	 7
2.1. Pencahayaan alami pada iklim tropis.....	7
2.1.1. Pola Pergerakan Matahari.....	7
2.1.2. Karakteristik penerangan alami di daerah tropis lembab	9
2.2. Pengertian Pencahayaan Alami.....	10
2.2.1. Tujuan pencahayaan alami.....	10
2.2.2. Manfaat pencahayaan alami.....	11
2.2.3. Sumber cahayaalami.....	11
2.2.4. Faktor – faktor yang mempengaruhi pencahayaan alami.....	15
2.2.5. Strategi pemanfaatan pencahayaan alami.....	19
2.3. Preseden terkait variabel pencahayaan alami.....	25
2.4. Konsep <i>Open Building</i>	26
2.4.1. Level pengambilan keputusan.....	27
2.4.2. Proses teknis dan produk open building.....	28
2.4.3. Sistem <i>Infill</i> hunian.....	29
2.4.4. Layout pada konsep <i>Open building</i>	30
2.5. Definisi Apartemen.....	33
2.6. Sintesa kajian pustaka.....	37
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	 39
3.1. Paradigma Penelitian.....	39
3.2. Metode Penelitian.....	40
3.3. Variabel Penelitian.....	41

3.4.	Definisi Operasional.....	42
3.5.	Subyek dan obyek penelitian.....	42
3.6.	Penetapan <i>base case</i>	43
3.7.	Jenis data dan teknik pengumpulan data.....	47
3.8.	Eksperimen.....	47
3.9.	Simulasi.....	49
3.10.	Analisa data.....	51
3.11.	Presentasi Hasil.....	52
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		53
4.1.	Analisa kemungkinan variasi layout.....	53
	4.1.1. Dimensi Ruang.....	53
	4.1.2. Analisa hubungan ruang.....	61
4.2.	Analisa pola variasi <i>layout</i>	68
4.3.	Analisa Posisi Bidang Transparan.....	75
4.4.	Analisa hasil simulasi.....	77
	4.4.1. Hasil simulasi <i>Base case</i>	78
	4.4.2. Hasil Simulasi Variasi Layout dan bidang transparan.....	86
4.5.	Perbandingan rata-rata iluminan dengan standar.....	116
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		120
5.1	Kesimpulan penelitian.....	120
5.2.	Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....		122

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Pergerakan matahari di Indonesia berdasarkan teori Lechner.....	8
Gambar 2.2.	Orbit Bumi terhadap Matahari.....	8
Gambar 2.3.	Sunpath atau garis edar matahari pada bumi dalam satu tahun.....	12
Gambar 2.4.	Ilustrasi <i>Sky Component</i>	12
Gambar 2.5.	Penyinaran ruang pada kondisi <i>clear sky</i>	13
Gambar 2.6.	Kategori standar iluminasi yang disesuaikan dengan fungsi ruang atau bangunan menurut IESNA.....	16
Gambar 2.7.	Jenis pencahayaan atas.....	21
Gambar 2.8.	Partisi kaca keseluruhan atau parsial dapat membawa cahaya masuk ke dalam ruang.....	21
Gambar 2.9.	Pengaruh tinggi bukaan terhadap iluminan ruang.....	23
Gambar 2.10.	Pengaruh luas bukaan terhadap iluminan ruang.....	23
Gambar 2.11.	Cakupan distribusi cahaya alami berdasarkan Luas dan ketinggian bukaan.....	24
Gambar 2.12.	Posisi jendela yang disebar memiliki distribusi yang lebih baik daripada jendela yang terkonsentrasi pada satu tempat....	25
Gambar 2.13.	Tiga tipe hunian ruang tanpa sekat dan yang sudah diberi sekat.....	26
Gambar 2.14.	Level pada <i>Open building</i>	27
Gambar 2.15.	Komposisi sistem komponen <i>infill</i>	30
Gambar 2.16.	Persyaratan minimum fungsi pada hunian.....	31
Gambar 2.17.	Contoh grafik perkembangan rumah tangga.....	32
Gambar 3.1.	(a) tampak bangunan Next21, (b) Floor plan Next21.....	44
Gambar 3.2.	Layout unit hunian #302 pada apartemen Next21.....	44
Gambar 3.3.	Model Bangunan Apartemen <i>open building</i>	46
Gambar 3.4.	Penyederhanaan denah unit apartemen Next21.....	46
Gambar 3.5.	Skema Kerangka Eksperimen, (a) tahap I, (b) tahap II.....	48
Gambar 3.6.	Modeling <i>base case</i> pada <i>software Ecotect Analysis 2011</i>	50
Gambar 4.1.	Hubungan ruang.....	61
Gambar 4.2.	Pola ruang berdasarkan zoning.....	64
Gambar 4.3.	Potensi bukaan pada <i>open building</i>	68
Gambar 4.4.	Kombinasi variasi <i>layout</i> dan posisi bidang transparan pada fasad.....	77
Gambar 4.5.	Posisi titik ukur pada <i>layout</i>	78
Gambar 4.6.	Grafik rata – rata iluminasi pada <i>base case</i> dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda.....	79
Gambar 4.7.	Grafik isokontur distribusi iluminan <i>base case</i> tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	84
Gambar 4.8.	Grafik isokontur distribusi iluminan <i>base case</i> tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	85

Gambar 4.9.	Grafik rata – rata iluminasi pada <i>base case</i> dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda.....	86
Gambar 4.10.	Kurva distribusi iluminan A2 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	91
Gambar 4.11.	Kurva distribusi iluminan A2 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	92
Gambar 4.12.	Grafik rata – rata iluminasi pada <i>base case</i> dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda.....	93
Gambar 4.13.	Kurva distribusi iluminan A3 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	99
Gambar 4.14.	Kurva distribusi iluminan A3 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	100
Gambar 4.15.	Kurva rata – rata iluminasi pada <i>base case</i> dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda.....	101
Gambar 4.16.	Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Oktober dengan (a)bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	106
Gambar 4.17.	Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	107
Gambar 4.18.	Kurva rata – rata iluminasi pada <i>base case</i> dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda.....	109
Gambar 4.19.	Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	114
Gambar 4.20.	Kurva distribusi iluminan B3 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kebutuhan pencahayaan bangunan rumah tinggal.....	17
Tabel 2.2.	Tipikal <i>Daylight Factor</i>	18
Tabel 2.3.	Standar <i>Daylight factor</i> pada rumah tinggal.....	19
Tabel 3.1.	Jenis Data dan teknik pengumpulan data.....	47
Tabel 3.2.	Lama penyinaran matahari selama 5 tahun.....	50
Tabel 3.3.	Input Material pada <i>Ecotect</i>	51
Tabel 4.1.	Analisa aktivitas dan kebutuhan ruang.....	53
Tabel 4.2.	Analisa dimensi ruang tamu.....	54
Tabel 4.3.	Analisa Dimensi Kamar Tidur Utama.....	55
Tabel 4.4.	Analisa dimensi kamar tidur anak.....	56
Tabel 4.5.	Analisa dimensi ruang makan.....	57
Tabel 4.6.	Analisa dimensi dapur.....	58
Tabel 4.7.	Analisa dimensi KM/WC.....	59
Tabel 4.8.	Hasil analisa dimensi ruang pada apartemen.....	59
Tabel 4.9.	Dimensi Ruang.....	60
Tabel 4.10.	Tabel Pola hubungan ruang pada apartemen dua kamar tidur.....	62
Tabel 4.11.	Tabel pola hubungan ruang pada apartemen tiga kamar tidur.....	65
Tabel 4.12.	Analisa pola variasi <i>layout</i> 2 kamar tidur.....	69
Tabel 4.13.	Analisa pola variasi <i>layout</i> 3 kamar tidur.....	72
Tabel 4.14.	Hasil analisa variasi <i>layout</i> 2 kamar tidur dan 3 kamar tidur	74
Tabel 4.15.	Analisa posisi bidang transparan.....	76
Tabel 4.16.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> x bulan Oktober.....	79
Tabel 4.17.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> y bulan oktober.....	80
Tabel 4.18.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> z bulan oktober.....	80
Tabel 4.19.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> x bulan Desember.....	81
Tabel 4.20.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> y bulan Desember.....	82
Tabel 4.21.	Nilai iluminan pada titik ukur pada <i>base case</i> z bulan	

	Desember.....	82
Tabel 4.22.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A2 x bulan Oktober.....	86
Tabel 4.23.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A2y bulan Oktober.....	87
Tabel 4.24.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A2z bulan Oktober.....	88
Tabel 4.25.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A2x bulan Desember.....	88
Tabel 4.26.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A2y bulan Desember.....	89
Tabel 4.27.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Desember.....	89
Tabel 4.28.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Oktober.....	94
Tabel 4.29.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Oktober.....	95
Tabel 4.30.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Oktober.....	95
Tabel 4.31.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Desember.....	96
Tabel 4.32.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Desember.....	96
Tabel 4.33.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Desember.....	97
Tabel 4.34.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B2x bulan Oktober.....	102
Tabel 4.35.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Oktober.....	102
Tabel 4.36.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Oktober.....	103
Tabel 4.37.	Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Desember.....	103
Tabel 4.38.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B2y bulan Desember.....	104
Tabel 4.39.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B2z bulan Desember.....	104
Tabel 4.40.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B3x bulan Oktober.....	109
Tabel 4.41.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B3y bulan Oktober.....	109
Tabel 4.42.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B3z bulan Oktober.....	110
Tabel 4.43.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B3x bulan Desember.....	111
Tabel 4.44.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B3y bulan Desember.....	111
Tabel 4.45.	Nilai iluminan pada titik ukur pada B2z bulan Desember.....	112
Tabel 4.46.	Matriks kinerja pencahayaan alami (absolut iluminan).....	116
Tabel 4.47.	Matriks kinerja pencahayaan alami (absolut iluminan).....	118

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sustainability atau berkelanjutan, merupakan sebuah konsep untuk mempertahankan sumber daya alam agar dapat bertahan lebih lama. Dalam bangunan arsitektur, berbagai konsep yang mendukung *sustainable architecture* (arsitektur berkelanjutan) diantaranya adalah efisiensi energi, efisiensi penggunaan lahan, efisiensi penggunaan material, penggunaan teknologi dan material serta manajemen limbah. Menurut Foster (2003), desain berkelanjutan pada bangunan merupakan desain bangunan yang efisien dalam penggunaan energi, sehat, nyaman, fleksibel, dan dapat bertahan lama.

Efisiensi energi merupakan tindakan mengurangi jumlah penggunaan energi, penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dan lebih sedikit. Bangunan sebagai salah satu pengkonsumsi energi terbesar, menyerap 30 – 40% total energi dunia (Kerr, 2008). Menurut Lechner (2007) bangunan arsitektur menyumbang produksi gas karbondioksida yang dapat memicu terjadinya pemanasan global dan penggunaan energinya lebih besar dibandingkan aktivitas manusia. Konsep desain berkelanjutan dalam meminimalkan penggunaan energi listrik, dan dapat diintegrasikan dengan konsep penggunaan sumber cahaya matahari secara maksimal untuk penerangan.

Pencahayaan alami merupakan teknologi dinamis yang mempertimbangkan beban panas, kesilauan, variasi dari ketersediaan cahaya dan penetrasi cahaya matahari dalam bangunan (Ander,1995). Pencahayaan alami bermanfaat untuk memberikan kejelasan penglihatan, untuk mengenali sebuah obyek di siang hari tanpa bantuan pencahayaan buatan. Pemakaian pencahayaan alami juga menyebabkan kegiatan yang dilakukan di dalamnya lebih sehat karena kualitas pencahayaan alami lebih baik, memberikan lingkungan visual (*background* dan *foreground*) dan *color rendering* yang lebih baik (Suwanto,2006). Adanya hubungan antara pencahayaan alami dengan

kesehatan manusia (Guzowski,1999), sehingga pencahayaan alami dapat digunakan sebagai terapi untuk manusia. Kualitas pencahayaan yang tidak sesuai dengan fungsi ruang, dapat berakibat pada tidak berjalan dengan baik kegiatan yang ada. Ruang dengan cahaya yang sedikit dapat menyebabkan ruangan menjadi gelap dan dingin. Sebaliknya ruangan dengan cahaya yang terlalu berlebihan dapat mengakibatkan kesilauan. Untuk penerangan ruang didalam rumah tinggal menurut standart SNI, tingkat pencahayaan disesuaikan dengan fungsi ruang, teras dan garasi tingkat pencahayaan masing-masing 60 lux, ruang tamu, ruang makan, ruang kerja dan kamar tidur 120-150 lux sedangkan kamar mandi dan dapur masing-masing 250 lux. Standard ini ditetapkan guna untuk mendukung fungsi ruang dan mengukur kecukupan cahaya dalam ruang (SNI -03-6575-2001).

Dalam kerangka *sustainable architecture*, Hanbraken mengembangkan konsep *open building*, dimana prinsipnya yaitu, bangunan harus bersifat dinamis, dan bisa berubah fleksibel sesuai kebutuhan pengguna. *Open building* merupakan istilah yang digunakan untuk menentukan sejumlah ide tentang desain dan konstruksi bangunan, termasuk ide dimana pengguna dapat bertindak sekaligus sebagai profesional dalam membuat keputusan desain (Kendall, 2000). Terdapat dua level dalam proses perancangan bangunan *Open building*, yaitu; *support (Base Building) level*, yang meliputi struktur, utilitas, sirkulasi, dan transportasi untuk ditawarkan kepada penghuninya. Sedangkan *infill (fit-out level)*, merupakan bagian dimana pengguna bangunan berperan untuk menentukan interior, dan *layout* ruang yang fleksibel sesuai dengan kebutuhannya. Tujuan dari konsep *open building* yaitu untuk memberikan rancangan bangunan yang berkelanjutan dalam penerapannya, yang mengutamakan kebutuhan pengguna, dan memenuhi perubahan kebutuhan dari pengguna maupun faktor lingkungan di sekitar bangunan. Sementara itu manfaat yang dapat diperoleh dari *open building* yaitu dapat memperpanjang siklus hidup bangunan, serta menjaga lingkungan dengan penggunaan kembali sumber daya.

Originalitas penelitian ini, didasarkan dengan mengkaji beberapa penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tema dari penelitian ini. Penelitian terkait *open building* dilakukan oleh Mortensen (2011), untuk mengetahui tipe hunian

modern dan tipe hunian masa lalu yang dapat beradaptasi, dibangun kembali, dan didaur ulang sepanjang waktu, dengan melakukan observasi pada bangunan hunian Danish yang terletak di dekat kota Copenhagen. Hasil dari penelitian ini yaitu membuat pengkategorian dari tipe rumah dan bentuk ruang yang sesuai untuk perubahan pola hidup, penelitian ini juga melakukan analisis berdasarkan ruang, cahaya, dan material. Selanjutnya penelitian terkait studi desain elevasi apartemen yang digabungkan dengan kinerja pencahayaan alami, dilakukan oleh Lee Ji-Eun dan Lee Kang Up (2014), pada penelitian ini ditinjau fasad apartemen dengan mengaplikasikan empat tipe model WWR yang bervariasi, hasil dari penelitian ini yaitu unit pada bagian tengah memiliki perbedaan pencahayaan lebih besar dari unit di bagian sudut terhadap titik ukur pada ruang yang paling dalam. Dengan demikian, WWR harus berbeda di setiap hunian untuk dapat menciptakan lingkungan *daylight* serupa. Selanjutnya penelitian yang dilakukan Arjmandi, dkk (2010), meneliti bangunan hunian berupa apartemen di Iran, dimana jumlah cahaya yang berkurang pada ruang bagian dalam karena terbatasnya ruang dan area jendela, tujuan penelitian ini untuk menemukan strategi pencahayaan untuk meningkatkan jumlah cahaya dalam ruang, dengan menggunakan elemen transparan antara ruang publik dan ruang privat.

Surabaya merupakan salah satu kota di Indonesia yang terus mengalami pembangunan yang pesat, termasuk pembangunan hunian, untuk memenuhi kebutuhan dan jumlah penduduk yang terus bertambah, dapat memungkinkan munculnya hunian apartemen berkonsep *open building* akan diterapkan pada pembangunan masa mendatang di Surabaya. Kondisi iklim di Surabaya memiliki kondisi iklim tropis secara umum, dimana kondisi langit lebih banyak dalam keadaan tertutup awan bahkan sampai 100% (*CIE standard Overcast sky*). Apabila kondisi langit tertutup awan tipis, langit bisa menjadi sangat ekstrem terangnya. Dengan tingginya sudut matahari dan lamanya waktu penyinaran yakni sepanjang hari memberikan potensi besar pengaplikasian pencahayaan alami pada bangunan di Surabaya. Namun, fakta di lapangan menunjukkan bahwa cahaya alami pada bangunan yang paling dalam, menjadi sangat buruk ketika ruang diberi sekat dan kedalaman ruang semakin besar, serta bukaan hanya terdapat pada satu sisi bangunan (Mortensen, 2011; Evans, 1989).

Penelitian ini ingin mengetahui apakah berbagai kemungkinan variasi *layout* ruang dan posisi bukaan pada apartemen berkonsep *open building*, dapat memenuhi kebutuhan pencahayaan, dan berpengaruh terhadap kinerja pencahayaan alami, dan apakah tingkat iluminasi pada setiap ruang, sudah memenuhi standart untuk aktivitas yang dilakukan pada ruang tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Dengan adanya konsep *open building* yang kini mulai diterapkan pada bangunan – bangunan untuk tujuan berkelanjutan, memungkinkan penghuni untuk mengubah *layout* ruang sesuai kebutuhannya. Sementara itu salah satu strategi pemasukkan cahaya alami adalah perencanaan ruang, dimana ketika ruang semakin dalam dan diberi sekat, menjadi permasalahan untuk pencahayaan alami, terutama pada apartemen yang memiliki potensi bidang transparan hanya pada satu sisi. Agar dapat terdistribusi dengan baik, maka dengan beberapa pertimbangan antara lain : konfigurasi ruang dan posisi bidang transparan merupakan hal yang penting untuk dapat mengetahui penyebaran cahaya alami di dalam ruang. Dengan permasalahan tersebut maka dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Apa saja kemungkinan kategori variasi *layout* dan bidang transparan pada fasad pada bangunan apartemen berkonsep *open building* terkait dengan kuantitas penerangan alam di dalam ruang?
2. Bagaimana konsekuensi masing – masing kategori variasi *layout* dan bidang transparan tersebut terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kemungkinan variasi *layout* dan bidang transparan pada fasad, terkait kualitas penerangan alami pada bangunan berkonsep *open building*.
2. Untuk mengevaluasi dan menjelaskan konsekuensi dari kategori variasi *layout* dan bidang transparan pada fasad, terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang.

1.4. Manfaat penelitian

Secara teoritis :

- Memberi pengetahuan akan kemungkinan variasi *layout*, pada bangunan apartemen berkonsep *open building* dalam kaitannya dengan kualitas penerangan alam.
- Memberi pengetahuan tentang konsekuensi variasi *layout* pada kinerja pencahayaan alami, terutama pada bangunan apartemen berkonsep *open building*

Secara praktis :

- Menjadi bahan pertimbangan dan masukan bagi penghuni, perancang, serta developer dalam mendesain *layout* bangunan yang berkonsep *open building* yang sesuai untuk pencahayaan alami.

1.5. Batasan Penelitian

Batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini dengan berbagai pertimbangan adalah sebagai berikut :

- Lokasi penelitian terletak di Surabaya, dimana Surabaya mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, terutama untuk memenuhi kebutuhan hunian.
- Jenis dan besar apartemen dibatasi pada model apartemen *high-rise*, karena tipe apartemen yang banyak dibangun di Surabaya merupakan tipe apartemen *high-rise*.
- Perubahan *layout* yang diteliti terbatas pada skala unit hunian, dan konfigurasi ruang secara horizontal.
- Tipe unit apartemen *multiroom* dengan 2 atau 3 kamar tidur dipilih pada penelitian ini karena tipe ini yang paling banyak ditemukan di Surabaya.
- Orientasi unit hunian yang berorientasi pada Utara-Selatan.
- Permasalahan silau tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini, karena tidak melibatkan penghuni bangunan.
- Model ruang yang disimulasikan berupa ruang kosong tanpa furniture, hal ini karena pertimbangan keterbatasan *software* dan keterbatasan waktu dalam melakukan simulasi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

KAJIAN TEORI

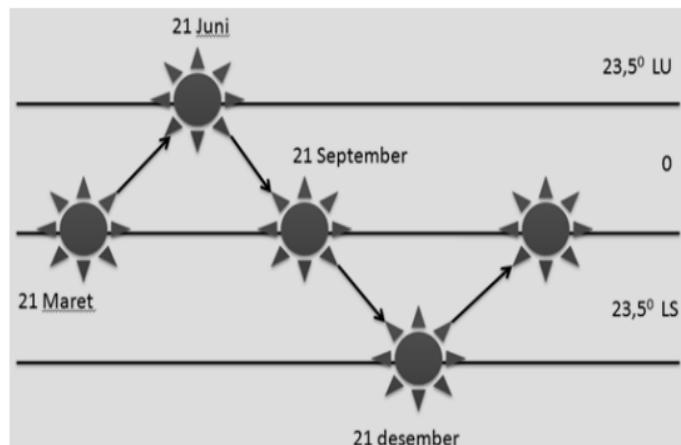
Berbagai kajian terhadap teori – teori ahli, dilakukan sebagai bahan pertimbangan dan pemikiran dalam melakukan penelitian ini, terkait kinerja pencahayaan alami pada apartemen berkonsep *open building*, dan bagaimana variasi layout ruang dan bidang transparan pada fasad apartemen.

Bab ini membahas bagaimana kondisi iklim tropis lembab, yang umumnya memiliki cahaya matahari yang melimpah, sehingga pencahayaan alami dapat dimanfaatkan untuk penerangan alami pada hunian, dengan mengkaji standart – standart iluminasi pencahayaan yang sesuai untuk hunian. Kajian tentang tipe – tipe hunian apartemen, kajian konsep *open building*, serta kajian layout ruang yang digunakan pada apartemen berkonsep *open building*.

2.1 Pencahayaan Alami pada Iklim Tropis

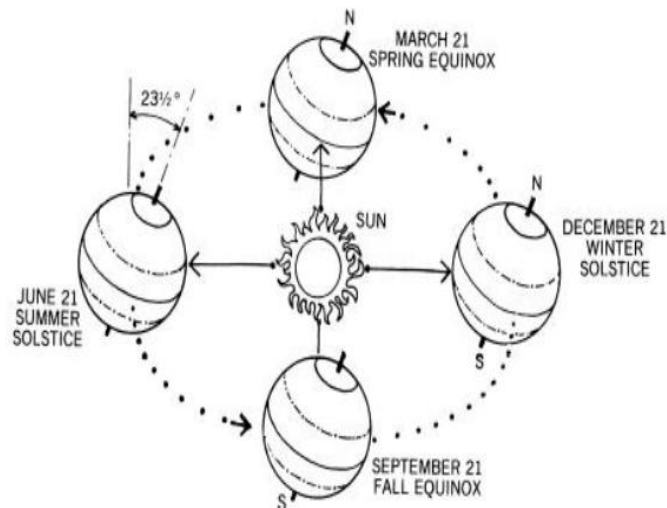
2.1.1 Pola Pergerakan Matahari

Posisi matahari dapat mempengaruhi lamanya penyinaran dan besarnya pencahayaan alami yang diterima bangunan baik dalam skala harian maupun tahunan. Menurut Lechner (2001) posisi matahari dibedakan menjadi 4, yaitu *Spring Equinox*, *Autumn Equinox*, *Summer Solstice* dan *Winter Solstice*. Pada 21 Maret sampai 21 Desember matahari berada disebelah selatan khatulistiwa, dengan sudut deklinasi $23,5^{\circ}$ LS, sedangkan pada 21 September sampai 21 Juni berada di sebelah utara khatulistiwa dengan sudut deklinasi $23,5^{\circ}$ LU. Matahari tepat berada diatas khatulistiwa pada tanggal 21 Maret dan 21 September.



Gambar 2.1. Pergerakan matahari di Indonesia berdasarkan teori Lechner (2001)

Perubahan posisi matahari pada bumi, disebabkan oleh perputaran bumi mengelilingi matahari pada bidang orbitnya selama satu tahun, dan perputaran bumi pada sumbu rotasinya selama satu hari, sehingga kedudukan matahari yang berubah-ubah akan sangat berpengaruh pada hasil pengukuran cahaya alami dalam suatu ruangan. Sudut deklinasi terjadi karena sumber rotasi bumi membentuk sudut $23,5^\circ$ bidang orbit, sudut ini bervariasi antara $23,5^\circ$ Selatan sampai $23,5^\circ$ Utara.



Gambar 2.2.Orbit Bumi terhadap Matahari serta Perubahan Musim yang terjadi

Sumber: Lechner (2001)

2.1.2 Karakteristik penerangan alam di daerah Tropis Lembab

Bangunan yang akan diteliti berada di negara Indonesia yang berada pada latitude 6° Lintang utara, 11° Lintang Selatan, serta 96° bujur timur dan 141° bujur barat dimana iklim tropis lembab di Indonesia memiliki karakteristik (Koenigsberger dkk, 1973), yaitu:

- Kondisi Langit

Kondisi langit secara umum adalah *overcast* dan hampir berawan sepanjang tahun dengan *cloud cover* bervariasi antara 60-90 %.

- Luminasi

Luminasi langit mencapai 7000 cd/m^2 . Nilai iluminasi langit dapat lebih tinggi lagi apabila kondisi langit sedikit *overcast* atau ketika matahari disertai awan *cumulus* putih. Sebaliknya, jika kondisi langit sangat *overcast*, langit akan memudar dengan iluminasi rendah hingga 850 cd/m^2 . Pada saat kondisi langit cerah, dapat memberikan cahaya yang sesuai, namun dengan luminansi yang tinggi dapat menyebabkan silau.

Berdasarkan fakta diatas, ketersediaan cahaya matahari yang melimpah merupakan suatu kelebihan tersendiri bagi hunian di lingkungan tropis lembab. Daerah tropis lembab memiliki potensi yang sangat baik untuk memanfaatkan pencahayaan alami sebagai penerangan didalam bangunan. Dengan memanfaatkan pencahayaan alami, maka penggunaan energi oleh pencahayaan buatan dapat dikurangi.

Lokasi penelitian berada di Surabaya, yang terletak pada latitude : -7.2 , dan longitude : 112.7 . Pengamatan kondisi penerangan alam didasarkan pada pengukuran BMKG Perak I (2016). Lama penyinaran matahari pada daerah beriklim tropis adalah sepanjang hari, meskipun terdapat bulan-bulan tertentu yang lama penyinaran matiharinya sedikit terganggu dengan adanya awan, yaitu terjadi di bulan Desember dan Januari. Sedangkan durasi penyinaran matahari yang paling lama adalah pada bulan Agustus dan September. Sehingga bisa dipastikan bahwa pada bulan Agustus dan September kondisi langit sangat cerah, hanya sedikit sekali awan yang menutupi.

2.2. Pengertian Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami adalah salah satu metode pasif pemanfaatan sinar matahari untuk pencahayaan bangunan terutama pada saat siang hari. Pengertian pencahayaan alami menurut Ander (1995), merupakan teknologi dinamis yang mempertimbangkan beban panas, kesilauan, variasi dari ketersediaan cahaya dan penetrasi cahaya matahari dalam bangunan, selain itu pencahayaan alami juga dapat diartikan sebagai pemanfaatan cahaya yang berasal dari benda penerang alam seperti matahari, bulan dan bintang, sebagai penerang ruangan. Karena berasal dari alam, cahaya alami bersifat tidak menentu, tergantung pada iklim, musim, dan cuaca.

Dari beberapa pengertian pencahayaan alami diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pencahayaan alami merupakan cahaya yang berasal dari benda penerang alam yaitu matahari, yang masuk ke dalam ruang di bangunan, yang variasi ketersediannya tidak menentu dan tergantung pada kondisi iklim, musim, dan cuaca.

2.2.1. Tujuan Pencahayaan Alami

Dalam penggunaan pencahayaan alami pada bangunan, tentunya untuk memenuhi tujuan tertentu. Lechner (2009), menyatakan bahwa tujuan dari pencahayaan alami dapat dibagi dua, yaitu Kualitatif dan Kuantitatif. Tujuan pencahayaan alami secara kuantitatif adalah untuk mengumpulkan cahaya yang cukup untuk mendukung performa visual dan untuk meminimalkan penggunaan pencahayaan buatan sesuai dengan kebutuhan aktivitas tertentu, tujuan secara kuantitatif dapat ditinjau melalui nilai iluminasi dan nilai daylight factor sesuai dengan standar yang ada beserta distribusi atau keseragamannya.

Sedangkan tujuan pencahayaan alami secara kualitatif yaitu untuk mendistribusikan cahaya kedalam ruangan secara menyeluruh, meminimalkan kesilauan, meminimalkan refleksi terselubung serta menghindari rasio kecerlangan yang berlebihan.

Dari kedua tujuan yang dikemukakan oleh Lechner tersebut, tujuan yang sesuai untuk digunakan dalam penelitian ini yaitu tujuan pencahayaan alami secara kuantitatif dimana cahaya dikumpulkan dengan cukup untuk mendukung

kinerja visual didalam ruang, sehingga dapat meminimalkan penggunaan pencahayaan buatan.

2.2.2. Manfaat Pencahayaan alami

Pencahayaan alami memiliki manfaat dan keunggulan dibandingkan pencahayaan buatan. Guzowski (1999) menyatakan bahwa pencahayaan alami berhubungan dengan kesehatan manusia, sehingga pencahayaan alami dapat digunakan sebagai terapi untuk manusia. Senada dengan Guzowski, dalam penelitian yang dilakukan oleh Suwantoro (2006), menyatakan pemakaian pencahayaan alami dapat menyebabkan kegiatan yang dilakukan didalamnya lebih sehat karena kualitas pencahayaan alami lebih baik, memberikan lingkungan visual dan *colour rendering* yang lebih bagus.

Pendapat lain dikemukakan oleh Bean (2014), dimana penggunaan pencahayaan alami dapat meningkatkan semangat kerja, cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan dapat memberikan kesan hangat, meningkatkan keceriaan, dan semangat dalam ruang. Berbeda dengan pendapat yang dikemukakan oleh Bean, Pilatowicz (1995) menyatakan bahwa pencahayaan alami bermanfaat sebagai penanda waktu, berada dalam suatu ruang yang tertutup dan tidak mendapat cahaya matahari dapat mengacaukan orientasi waktu, disorientasi, dan terkucil dari perubahan kondisi sekitar. Kondisi ini berpengaruh tidak baik terhadap psikologis dan mengganggu jam biologis manusia.

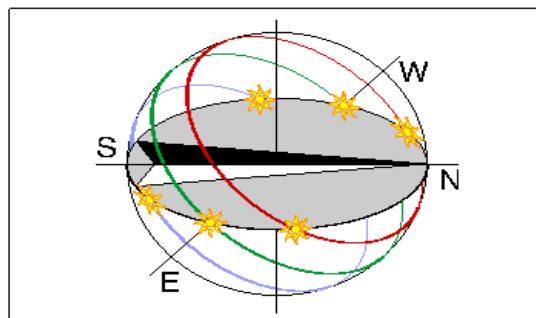
Dari teori - teori diatas, maka manfaat pencahayaan alami pada bangunan tidak hanya sekedar untuk memberikan penerangan didalam bangunan, tetapi juga memberikan manfaat bagi kesehatan penghuni, memberikan kesan hangat, dan semangat dalam melakukan aktivitas, serta bermanfaat sebagai penanda waktu.

2.2.3. Sumber Cahaya alami

Penerangan alami adalah cahaya alam yang bersumber dari seluruh bola langit yang terang, berawan, dimana langit berfungsi sebagai diffuser bagi cahaya matahari yang mencapainya. Menurut Lechner (2009) cahaya dapat berasal dari beberapa sumber, diantaranya yaitu sinar matahari langsung (*direct sunlight*), *clear sky*, *overcast sky*, dan refleksi dari tanah dan sekitarnya.

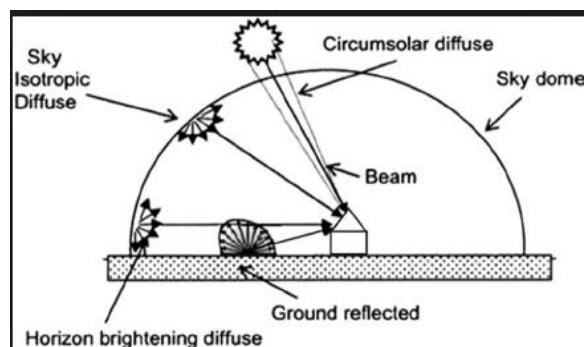
- *Direct Sunlight* : cahaya alami terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu cahaya alami (*daylight*) dan cahaya matahari (*Sunlight*). Kedua cahaya ini memiliki karakteristik yang berbeda, cahaya alami bersifat difus dengan tingkat kecerlangan yang rendah, sedangkan cahaya matahari bersifat langsung dengan kecerlangan yang kuat. Cahaya langsung sering kali menimbulkan kesilauan, kecerlangan dan pemanasan yang berlebihan sehingga dihindari untuk pencahayaan pada ruangan. Karena Sumber utama pencahayaan alami adalah terang langit yang berasal dari cahaya matahari, maka beberapa hal berkaitan yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Posisi terhadap matahari (letak geografis dimana posisi matahari/ sudut yang dibentuk matahari terhadap bumi mempegaruhi sifat cahaya pada pencahayaan alami).



Gambar 2.3. *Sunpath* atau garis edar matahari pada bumi dalam satu tahun.

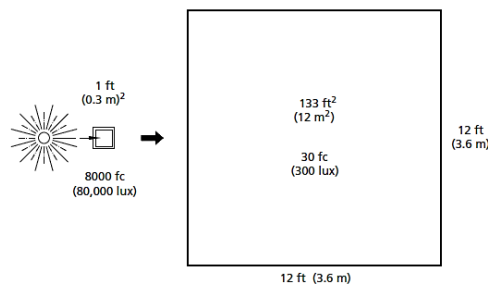
2. Presentase penutupan langit oleh awan (*sky component*)



Gambar 2.4. Ilustrasi *Sky Component*

- *Clear Sky* : *Clear sky* adalah kondisi dimana kubah langit hampir tidak tertutup oleh awan. *Clear sky* lebih terang daripada kondisi langit *Overcast* dan kuat penerangannya lebih tinggi pada *horizon* (dekat dengan matahari) dari pada

Zenith (90° dari matahari). Kuat pencahayaan pada kondisi ini cukup stabil kecuali pada area sekeliling matahari yang berubah seiring dengan pergerakan matahari. Total iluminasi yang diproduksi oleh *clear sky* dan matahari bersifat konstan namun lambat dalam perubahannya (Evans, 1981). Pada kondisi *Clear sky* cahaya matahari langsung dapat memberikan iluminan sekitar 1000 lux, dan memberikan iluminan difus sekitar 400 – 500 lux jika tidak termasuk cahaya matahari itu sendiri (Szokolay, 2004). Sedangkan menurut Evans (1981) level iluminan yang dihasilkan dari kondisi *clear sky* dapat mencapai 50.000 – 130.000 lux berdasarkan letak geografi dan kondisi atmosfer lokalnya.



Gambar 2.5 Penyinaran ruang pada kondisi *clear sky* (Lechner, 2009)

Rata – rata iluminan yang dapat dihasilkan kondisi *clear sky* dapat dituliskan dalam rumus (Szokolay, 2004).

$$E = 500 \times \text{ALT}$$

Dengan :

E = iluminan

ALT = Sudut ketinggian matahari

- *Overcast sky* : *Overcast sky* adalah kondisi dimana hampir keseluruhan kubah Langit tertutup oleh awan (Evans, 1981). Secara umum langit *Overcast* mengalami perubahan yang paling lambat dari tipe langit lainnya. Distribusi pencahayaan pada kondisi *Overcast* tiga kali lebih terang pada bagian *zenith*. Sementara itu, menurut Egan dan Olgyay (2002), pada kondisi *Overcast sky* cahaya yang dipantulkan pada permukaan cenderung memiliki luminan yang rendah dari pada luminan cahaya yang berada di atas awan. Pada kondisi *Ovecast sky* perbedaan kontras yang signifikan antara kecerlangan yang tinggi dari langit

dan kecerlangan yang rendah didalam ruangan, menyebabkan ketidaknyamanan visual didalam bangunan (Evans,1981).

Iluminan yang dihasilkan oleh kondisi *Overcast sky* bergantung pada sudut ketinggian matahari dibelakang awan. Untuk dapat mengetahui tingkat iluminan pada kondisi *overcast sky* dapat dinyatakan dalam rumus (Szokolay, 2004).

$$E \approx 200 \times ALT$$

Dimana :

E = Iluminan

ALT = Sudut ketinggian

Menurut Lam (1986), tingkatan iluminasi yang dihasilkan dari kondisi langit *overcast* bervariasi tergantung dari tingkat kepadatan awan dan ketinggian matahari. Kuat penerangan yang dihasilkan oleh kondisi *overcast sky* dapat mencapai 5000-20.000 lux, tergolong rendah namun kuantitasnya sepuluh kali lebih besar dari jumlah lux yang dibutuhkan dalam ruangan (Lechner, 2009). Pada kondisi *overcast sky* pencahayaan untuk area seluas 49ft / 24m² dapat tercukupi, secara merata hanya dari sebuah jendela dengan ukuran 1ft (Lam, 1986).

▪ Refleksi dari tanah dan sekitarnya : Cahaya alami yang masuk ke dalam ruangan tidak hanya berasal dari sinar matahari langsung, tapi juga dari pantulan sinar matahari yang mengenai bidang lain di luar ruangan. Objek yang berada di luar ruangan misalnya bangunan, turut menyumbang iluminasi dalam ruangan. Menurut Lam (1986), keberadaan bangunan atau objek lain di luar ruangan turut meningkatkan pencahayaan di dalam ruangan, cahaya yang dipantulkan dari tanah akan meningkat saat posisi matahari tinggi, misalnya pada *latitude* rendah (Lam, 1986).

Dari berbagai teori serta hasil penelitian terkait sumber pencahayaan alami di atas, sumber pencahayaan alami yang terkait dengan penelitian ini merupakan pencahayaan yang bersumber dari kondisi langit *Overcast Sky*. Hal ini dikarenakan Surabaya yang merupakan daerah dengan iklim tropis lembab, cenderung memiliki kondisi langit *overcast sky*, dimana langit tertutup 9/10 awan sepanjang tahun.

2.2.4. Faktor –faktor yang berpengaruh terhadap kenyamanan visual

Pemenuhan standar pencahayaan pada hunian sangat penting untuk mencapai kenyamanan visual dan peningkatan aktivitas. Beberapa studi yang telah dilakukan, menemukan bahwa cahaya alami memberi efek yang lebih baik dari pada cahaya buatan, terutama untuk aktivitas. Oleh karena itu penting untuk menjadikan cahaya alami sebagai cahaya utama pada bangunan khususnya hunian. Menurut SNI, pencahayaan alami pada siang hari dapat dikatakan baik apabila pada pukul 08.00-16.00 waktu setempat terdapat cukup banyak sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan. Selain itu, distribusi cahaya dalam ruangan harus merata sehingga tidak menimbulkan kontras yang mengganggu.

Menurut SNI 03-2396-2001 tentang tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan, kualitas pencahayaan alami yang layak ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Penggunaan ruangan, khususnya ditinjau dari segi berat penglihatan oleh mata terhadap aktivitas yang harus dilakukan dalam ruangan.
2. Lamanya waktu aktivitas yang memerlukan daya penglihatan yang tinggi
3. Sifat aktivitas dapat secara terus menerus memerlukan perhatian dan penglihatan yang tepat, atau dapat pula secara periodik dimana mata dapat beristirahat.

Berbagai macam aktivitas yang dilakukan dalam hunian, berdasarkan klasifikasi kualitas pencahayaan menurut RSNI 04-2396-2001, dapat digolongkan sebagai berikut :

- Kualitas A : Kerja halus sekali, pekerjaan secara cermat terus menerus, seperti menggambar detil, menggravir, menjahit kain warna gelap, dan sebagainya.
- Kualitas B : Kerja halus, pekerjaan cermat tidak secara intensif terus menerus, seperti menulis, membaca, membuat alat atau merakit komponen – komponen kecil, dan sebagainya.
- Kualitas C : Kerja sedang, pekerjaan tanpa konsentrasi yang besar, seperti pekerjaan kayu, merakit suku cadang yang agak besar, dan sebagainya.
- Kualitas D : Kerja kasar, pekerjaan dimana detil – detil yang besar

harus dikenal, seperti pada gudang, lorong lalu lintas orang, dan sebagainya.

Kualitas pencahayaan alami dalam ruangan dikatakan baik apabila memenuhi standar pencahayaan minimum yang dibutuhkan sesuai dengan jenis aktivitas yang dilakukan, nilai iluminan bersifat menyeluruh dan tingkat keseragamannya merata pada seluruh area ruang. Pencahayaan yang baik dilihat dari tidak terjadinya kontras yang berlebih antara sumber cahaya atau bagian yang terang dengan bagian yang gelap (rasio 4:1) sehingga terjadi ketidaknyamanan dalam melihat objek.

Selain parameter kualitas pencahayaan alami, terdapat 2 parameter kuantitatif berdasarkan IESNA dan CIE, yang dapat digunakan untuk menentukan kinerja pencahayaan alami pada bangunan di daerah tropis. Keduanya yaitu:

- Absolut Iluminan

Nilai iluminasi absolute, merupakan nilai yang berasal dari indikator kinerja pencahayaan buatan yang digunakan secara konseptual untuk perhitungan pencahayaan siang hari. Absolut iluminan yaitu terdiri dari nilai tertinggi, nilai terendah, dan rata – rata iluminan.

Iluminance category	Ranges of illuminance maintained in service, lux (fc)	Type of activity
General illuminance throughout room:		
A	20-30-50 (2-3-5)	Public spaces with dark surroundings
B	50-75-100 (5-7.5-10)	Simple orientation for short temporary visits
C	100-150-200 (10-15-20)	Working spaces where visual tasks are only occasionally performed
Illuminance on task:		
D	200-300-500 (20-30-50)	Performance of visual tasks of high contrast or large size: reading printed material, typed originals, handwriting in ink, and good xerography; rough bench and machine work; ordinary inspection; rough assembly
E	500-750-1000 (50-75-100)	Performance of visual tasks of medium contrast or small size: reading medium pencil handwriting, poorly printed or reproduced material; medium bench and machine work; difficult inspection; medium assembly
F	1000-1500-2000 (100-150-200)	Performance of visual tasks of low contrast or very small size: reading handwriting in hard pencil on poor-quality paper and very poorly reproduced material; highly difficult inspection
Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary) lighting:		
G	2000-3000-5000 (200-300-500)	Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period: fine assembly; very difficult inspection; fine bench and machine work

Gambar 2.6. Kategori standar iluminasi yang disesuaikan dengan fungsi ruang atau bangunan menurut IESNA (Egan dan Olgyay, 2002)

Menurut Szokolay (2004), iluminasi adalah tingkat intensitas cahaya baik yang berasal dari cahaya alami (matahari) maupun cahaya buatan (lampu). Iluminasi memiliki satuan internasional berupa candela (cd) atau lux (lx). Terdapat kategori standar iluminasi yang disesuaikan

dengan fungsi ruang atau bangunan menurut IESNA (*Iluminating Engineering Society of Nort America*). Iluminasi yang disarankan tidak hanya ditentukan oleh pertimbangan diatas, tetapi juga faktor keadaan sosial ekonomi. Kepadatan penduduk dan penghasilan pengguna, tersedianya sumber daya dan prioritas negara yang ditentukan menurut hukum menyebabkan iluminasi yang disarankan dimasing-masing negara dapat bervariasi (Szokolay, 1980). Sedangkan di Indonesia, standart pencahayaan alami untuk bangunan rumah tinggal di Indonesia ditetapkan melalui SNI 03-6197-2000.

Tabel 2.1. Kebutuhan pencahayaan bangunan rumah tinggal

JENIS RUANG	Tingkat Pencahayaan (LUX)
Ruang tamu	120 – 150
Ruang kerja	120 – 250
Ruang makan	120 – 250
Ruang tidur	120 – 250
Dapur	250
Kamar mandi	250
Teras dan Garasi	60

Sumber :SNI 03-6197-2000

Menurut Szokolay (2004), untuk kenyamanan visual, selain nilai iluminasi ruang mencukupi, kualitas pencahayaan yang sesuai juga harus dipertimbangkan. Kualitas pencahayaan yang sesuai yaitu meliputi distribusi iluminasi yang tidak menimbulkan silau, arah datang cahaya, rasio *vector*, *colour appearence*, dan *colour rendering*, serta efek psikologi dan estetika.

Tingkat iluminasi yang tinggi, maka visibilitas suatu objek semakin meningkat, dengan peningkatan nilai iluminasi maka tingkat kejelasan detail semakin besar dan waktu yang dibutuhkan untuk memahami suatu objek semakin kecil (Evans, 1981).

- *Daylight Factor (DF)*

Menurut Moore (1993) *Daylight factor* adalah rasio dari interior horizontal ke eksterior horizontal iluminan dibawah kondisi langit *overcast*, tidak terdapat penghalang pada langit dan tetap konstan terlepas dari perubahan

iluminan pada langit. *Daylight factor* dapat digunakan untuk mengidentifikasi keefektifan sebuah desain dalam memasukkan cahaya alami kedalam ruangan.

Menurut Egan dan Olgyay (2002), jumlah dari *Daylight factor* dipengaruhi oleh tiga komponen, yaitu:

- *Sky Componen* (SC) adalah jumlah cahaya langit yang masuk kedalam ruangan melalui bukaan jendela, berasal dari pencahayaan langsung dari langit (SNI 03-2396-2001).
- *External reflected component* (*ERC*) adalah cahaya yang memantul dari objek diluar ruangan, berasal dari refleksi benda – benda yang berada disekitar bangunan tersebut (SNI 03-2396-2001).
- *Internal reflected component* (*IRC*) adalah cahaya yang memantul melalui permukaan interior, berasal dari refleksi permukaan – permukaan dalam ruangan, dari cahaya yang masuk ke dalam ruangan akibat refleksi dari benda – benda di luar ruangan maupun dari cahaya langit (SNI 03-2396-2001).

Menurut Szokolay (2004), iluminan pada kondisi langit *overcast* bervariasi, sedangkan perbandingan antara iluminan pada sebuah titik dalam bangunan tetap konstan. Perbandingan ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$DF = (E_i/E_o) \times 100 \%$$

Dimana :

DF = *Daylight factor*

E_i = Iluminan interior

E_o = Iluminan Eksterior

Tipikal *daylight factor* pada tiap ruang berbeda – beda, nilai minimum *daylight factor* pada tiap tipe ruangan bervariasi (Lechner,2009). Berikut merupakan standar *daylight factor* yang digunakan pada rumah tinggal dari beberapa sumber :

Tabel 2.2. Tipikal *Daylight Factor*

Type of Space	Daylight Factor (%)
Art studios, Galleries	4-6
Factories, Laboratories	3-5
Offices, classrooms, gymnasiums, kitchens	2
Lobbies, lounges, living rooms, curches	1
Corridors, bedrooms	0,5

Sumber : Lechner, 2009

Tabel 2.3. Standar *Daylight factor* pada rumah tinggal

Jenis Ruang	<i>Daylight Factor minimum (%)</i>
Dapur, secara umum	1
Dapur, pada meja kerja	1,5
Ruang keluarga, secara umum	0,5
Ruang keluarga, meja untuk tulis	1,5
Ruang tidur, secara umum	0,25
Ruang tidur, meja rias	1
Sirkulasi	0,2

Sumber : Baker, 2001

Tabel 2.4. Standar *Daylight factor* pada rumah tinggal

Tipe Ruang	Daylight Factor minimum (%)	Luas ruang minimum yang menerima cahaya denga DF senilai tersebut
Ruang keluarga	1	8m ² , setengah dari kedalaman ruang
Ruang Tidur	0,5	6m ² , setengah dari kedalaman ruang
Dapur dan pantry	2	5m ² , setengah dari kedalaman ruang

Sumber : Evan, 1981

2.2.5. Strategi Pemanfaatan Pencahayaan Alami

Strategi dasar pencahayaan alami berpengaruh dalam pemenuhan kebutuhan cahaya yang memadai pada ruangan didalam suatu bangunan. Menurut Lechner (2009), pencahayaan alami tidak dapat ditambahkan ke dalam ruangan seperti halnya pencahayaan buatan, melainkan menjadi satu bagian sejak pada tahap awal bangunan direncanakan. Lechner (2009) mengemukakan beberapa strategi dasar dalam pencahayaan alami yaitu :

○ Bentuk bangunan

Bentuk bangunan menentukan kemungkinan bukaan vertikal dan

horizontal, serta berapa banyak area yang dapat diakses cahaya alami dari pencahayaan samping. Secara umum area pada kedalaman 4,5 meter dari keliling bangunan bertingkat dapat mengakses cahaya alami dari pencahayaan samping secara penuh (*full daylight*), sedangkan area pada kedalaman 4,5 meter hingga 9 meter dapat mengakses cahaya alami dari pencahayaan samping secara parsial. Perbandingan bentuk denah dengan area yang sama terhadap distribusi cahaya alami, yaitu :

- Bentuk denah persegi tanpa atrium, 16 persen tidak mendapatkan cahaya alami, 33 persen mendapat sebagian cahaya alami dan 51persen mendapat cahaya alami keseluruhan.
- Bentuk denah persegi dengan atrium memungkinkan keseluruhan area mendapatkan cahaya alami
- Bentuk denah persegi panjang dapat mengeliminasi area *core* yang tidak mendapatkan cahaya alami, namun tetap memiliki area yang luas yang menerima cahaya alami secara parsial.

Salah satu strategi pencahayaan alami lain yang berkaitan dengan bentukan denah, dikemukakan oleh Moore (1993) yaitu bahwa denah bangunan berlantai banyak harus berbentuk memanjang dengan panjang maksimum menghadap utara dan selatan. Menurut Moore (1993) bangunan yang ramping akan memaksimalkan ruang dalam yang terpapar cahaya matahari.

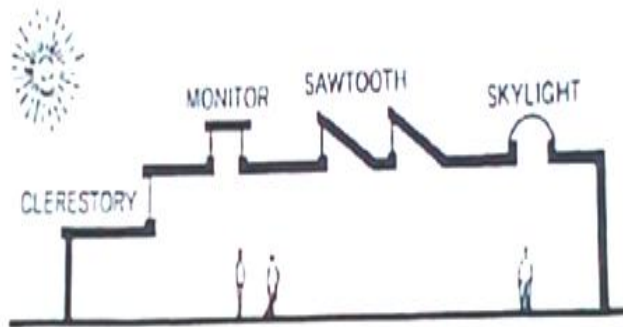
Selain itu menurut Moore (1993), untuk meningkatkan akses terhadap pencahayaan alami, rasio permukaan terhadap volume bangunan juga harus ditingkatkan. Namun dampak termal dari penerangan buatan dan peningkatan panjang linear dari pencahayaan samping tetap harus dipertimbangkan dengan penetapan strategi ini.

○ **Orientasi**

Orientasi bangunan memfasilitasi pemanfaatan cahaya alami pada Bangunan (Egan dan Olgyay, 2002). Menurut Moore (1993) secara umum orientasi utara selatan merupakan orientasi yang paling diinginkan, sedangkan arah timur barat harus diminimalkan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Lechner (2009) tentang denah lantai ideal berkaitan dengan orientasi bangunan, yakni memanjang dengan seluruh jendela menghadap Utara – selatan.

○ **Pencahayaan melalui atap**

Pencahayaan melalui atap (cahaya langit/ *skylight*) hanya dapat diaplikasikan pada lantai atas dari bangunan tingkat tinggi, kecuali *lightwells*. Ketika menggunakan bukaan horizontal dengan cahaya langit memberikan keunggulan sekaligus kelemahan. Bukaan horizontal pada atap menerima lebih banyak cahaya daripada bukaan vertikal, namun kelemahannya yaitu bukaan horizontal sulit untuk pembayangan. Untuk itu bukaan vertikal pada atap, misalnya dengan jendela atas (*clerestories*), monitor atau *sawtooth* lebih sesuai untuk digunakan.



Gambar 2.7. Jenis pencahayaan atas (Lechner, 2009)

○ **Perencanaan ruang**

Perencanaan denah *open plan* sangat baik untuk membawa cahaya alami ke ruang dalam. Partisi berbahan kaca dapat mengakomodasi privasi visual, juga dibutuhkan, *ventilasi blinds*, bahan *translucent* atau partisi dengan kaca di atas level mata dapat digunakan.



Gambar 2.8. Partisi kaca keseluruhan atau parsial dapat membawa cahaya masuk ke dalam ruang (Lechner, 2009).

Kedalaman ruang memiliki efek langsung terhadap intensitas iluminasi cahaya alami dari *sidelighting*. Mengubah kedalaman ruang tanpa perubahan ukuran, lokasi jendela dan ketinggian plafond dapat mengubah intensitas cahaya. Semakin dalam ruangan maka distribusi cahaya alami yang diterima semakin berkurang dan tidak merata (Evans, 1981). Semakin jauh suatu ruang dari bukaan, maka cahaya alami yang di dapat semakin berkurang. Apabila kedalaman ruang bertambah dalam ukuran tertentu, maka cahaya yang masuk semakin berkurang dengan prosentase tertentu.

- **Warna**

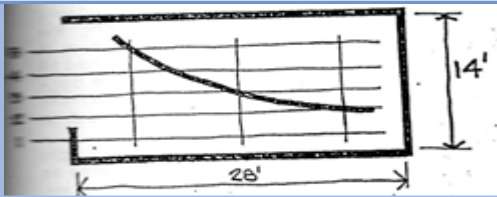
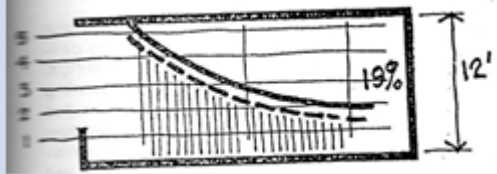


Pengaplikasian warna – warna terang didalam dan diluar ruangan dapat merefleksikan lebih banyak cahaya kedalam bangunan dan lebih jauh kedalam interior (Lechner, 2009). Interior dengan warna terang tidak hanya merefleksikan cahaya kedalam bangunan, tetapi juga untuk mengurangi silau, rasio terang cahaya yang berlebih, serta mendifusikan cahaya untuk mengurangi bayang gelap. Beberapa elemen yang paling berpengaruh terhadap distribusi cahaya alami yaitu plafond, dinding samping, dinding belakang, lantai, dan elemen perabot. Plafond memiliki pengaruh, dan faktor reflektansi yang tinggi. Sedangkan, lantai dan perabot merupakan reflektor dengan pengaruh yang lebih rendah, sehingga dapat diberi warna dengan faktor reflektansi rendah, misalnya warna gelap.

- **Bukaan samping (*Sidelighting*)**

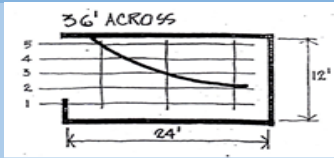
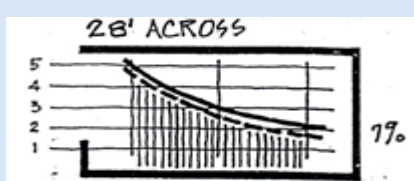
Menurut Lechner (2009) bukaan untuk *view* dan pencahayaan alami sebaiknya dipisah. Jendela tinggi pada atap, seperti *clerestories* atau *skylight* digunakan untuk pencahayaan alami, dan jendela dengan tinggi selevel mata digunakan untuk *view*. Penggunaan kaca untuk pencahayaan alami harus yang bersih atau dipilih dari spectrum untuk memaksimalkan pengumpulan cahaya alami, sedangkan penggunaan kaca untuk *view* lebih fleksibel, reflektif untuk mengontrol beban panas atau kesilauan.

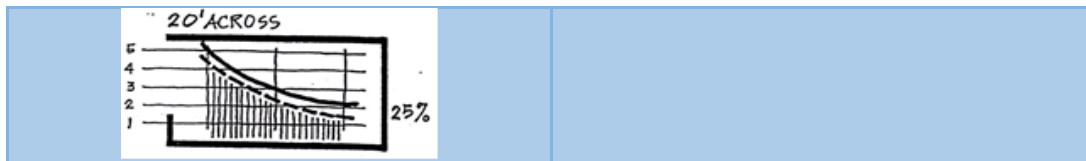
Ketinggian jendela menentukan kedalaman dari penetrasi cahaya alami, sedangkan lebar *Sidelighting* menentukan penyebaran kearah samping dari cahaya alami (Szokolay, 2004). Sama halnya dengan teori yang dikemukakan oleh Evans (1981) bahwa semakin tinggi ukuran jendela dan semakin tinggi peletakan bukaan, maka semakin banyak cahaya alami yang dapat masuk ke dalam ruangan.

Ketinggian bukaan yang mendekati langit – langit memiliki potensi cahaya akan terefleksikan melalui plafon ke dalam ruangan lebih optimal. Semakin lebar bidang yang diberi bukaan, maka semakin banyak cahaya yang dapat masuk ke dalam ruang, sebaliknya apabila diperkecil bukaan pada sisi ruang maka iluminan yang diperoleh juga semakin berkurang.

Pengaruh Lebar dan Ketinggian Bukaan	Keterangan (Pengaruh Tinggi Bukaan)
	Kondisi ruang awal dengan lebar 28 ft dan ketinggian 14 ft
	Ketinggian ruang berkurang menjadi 12 ft dari kondisi awal, iluminan ruang berkurang 19%
	Ketinggian ruang berkurang menjadi 10 ft dari kondisi awal, iluminan ruang berkurang 25%
Pengaruh Lebar dan Ketinggian Bukaan	Keterangan (Pengaruh Tinggi Bukaan)
	Ketinggian ruang berkurang menjadi 8 ft dari kondisi awal, iluminan ruang berkurang 44%

Gambar 2.9. Pengaruh tinggi bukaan terhadap iluminan ruang (Evans, 1981)

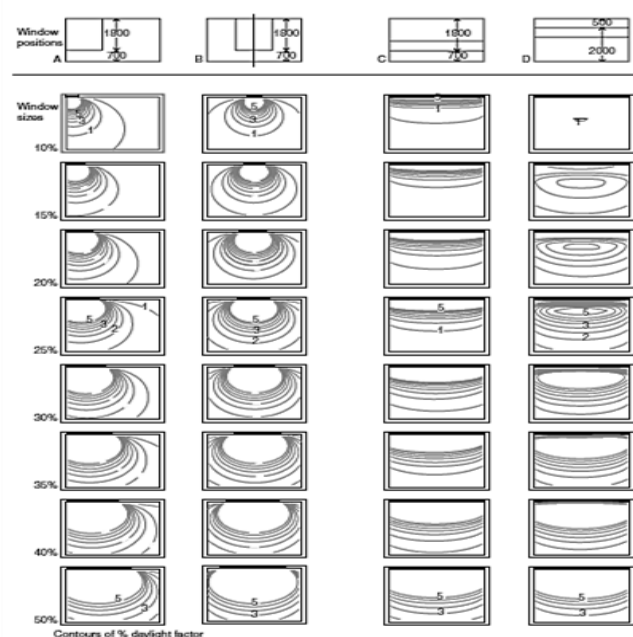
Pengaruh lebar dan ketinggian bukaan	Keterangan (pengaruh Luas bukaan)
	Kondisi ruang awal dengan lebar 24 ft dan ketinggian 12 ft, Lebar bukaan 36 ft
	Lebar bukaan dikurangi menjadi 28 ft dari kondisi awal, iluminan berkurang 7%
	Lebar bukaan dikurangi menjadi 20 ft dari kondisi awal, iluminan berkurang 25%



Gambar 2.10. Pengaruh luas bukaan terhadap iluminan ruang (Evans, 1981)

Letak bukaan (*aperture*) mempengaruhi distribusi cahaya ke dalam ruang. Jangkauan pencahayaan alami kedalam suatu ruang tergantung pada ketinggian langit-langit (*Ceiling*) yang menentukan posisi (ketinggian) jendela (Ander, 1995). Jendela yang tinggi memungkinkan pencahayaan alami dapat menjangkau lebih jauh ke dalam ruang. Menurut Lawrence Berkeley National Laboratory (1997), pada umumnya cahaya alami bisa menjangkau 1,5x dari ketinggian jendela. Tetapi dengan meninggikan jendela dapat menjangkau hingga 2,5x tinggi jendela.

Menurut Wirawan (2007) ketinggian bukaan yang dapat memenuhi pencahayaan alami terbaik jika mencapai 2,7m hingga 3m dari permukaan lantai. Bagian terbawah dari bukaan sebaiknya memiliki ketinggian tidak lebih dari 0,75m dari lantai dengan pertimbangan bidang kerja setinggi 0,75m, karena jika lebih rendah dari itu tidak efektif. Lebar bukaan efektif yang direkomendasikan sebaiknya lebih besar dari 40% lebar dinding.



Gambar 2.11. Cakupan distribusi cahaya alami berdasarkan luas dan ketinggian bukaan (Szokolay, 2004)

Menurut Lechner (2001), *daylight* akan terdistribusi secara merata di dalam ruang, apabila jendela diposisikan secara horizontal dibandingkan vertikal, dan apabila posisi jendela tersebar, dibandingkan jendela pada satu titik saja (terkonsentrasi pada bagian tengah).



Gambar 2.12. Posisi jendela yang disebar memiliki distribusi yang lebih baik daripada jendela yang terkonsentrasi pada satu tempat.

Dari beberapa strategi pencahayaan tersebut, strategi yang relevan dan dapat digunakan pada penelitian ini yaitu, strategi perancangan ruang, dan posisi bukaan, untuk distribusi cahaya yang merata pada ruangan.

2.3. Preseden terkait variabel pencahayaan alami

Pada tahun 2011, Mortensen melakukan penelitian pada hunian masa lalu dan masa kini pada hunian di kota Copenhagen sebagai representasi untuk hunian masa mendatang yang fleksibel dan memungkinkan untuk pembagian ruang yang lebih mudah dan terbuka, berdasarkan pada analisis konfigurasi arsitektural ruang, cahaya, dan material. Penelitian ini mencari hunian yang dapat beradaptasi, dapat dibangun kembali, dan didaur ulang sepanjang waktu. Analisis arsitektural dari ciri morfologi skema perumahan dari bentuk bangunan dan hubungan dari tempat tinggal, mendefinisikan kemungkinan zonasi dan konfigurasi spasial terbuka atau tertutup, akses, cahaya serta tampilan. Penelitian ini terfokus pada fleksibilitas struktur, organisasi ruang, alternative posisi dinding, dan kondisi pencahayaan.

Hasil observasi menyatakan bahwa unit hunian dengan satu ruang tidur dan tanpa sekat antar ruang keluarga dan ruang lainnya memberikan pencahayaan yang baik, bahkan hingga sore hari cahaya tetap dapat masuk kedalam ruangan, berbeda hunian yang memberi pemisah (partisi) antar ruang yang satu dengan yang lain, menghasilkan pencahayaan yang buruk.



Gambar 2.13. Tiga tipe hunian ruang tanpa sekat dan yang sudah diberi sekat

2.4. Konsep *Open building*

Open building pertama kali diperkenalkan oleh John Habraken, dimana prinsipnya yaitu, bangunan harus bersifat dinamis, dan bisa berubah fleksibel sesuai kebutuhan pengguna. *Open building* merupakan istilah yang digunakan untuk menentukan sejumlah ide tentang desain dan konstruksi bangunan, termasuk ide dimana pengguna dapat bertindak sekaligus sebagai profesional dalam membuat keputusan desain (Kendall,S, 2000).

Selanjutnya, menurut Cuperus (2005), *Open building* berasal dari tradisi partisipasi pengguna dalam menciptakan lingkungan bangunan, dimana pengguna siap untuk mengurus, menjaga, memelihara, mempertahankan dan bertanggung jawab terhadap lingkungan binaannya. *Open building* bertujuan untuk mengoptimalkan kualitas lingkungan binaan, dengan meningkatkan hubungan antara pengguna dan industri bangunan. Sedangkan menurut Kung Jen (2014), *open building* adalah konsep desain dengan pendekatan yang bertujuan untuk memberikan bangunan dengan kapasitas maksimal untuk mengakomodasi beragam kebutuhan rumah tangga yang berbeda dari waktu ke waktu.

Ketiga pengertian tersebut sangat relevan dengan tujuan penelitian dimana pada bangunan berkonsep *open building* pengguna dapat bertindak sebagai profesional dalam membuat keputusan desain, dan siap untuk memelihara, menjaga, mempertahankan, serta bertanggung jawab terhadap desainnya. Dengan adanya konsep pengguna dapat menentukan desain huniannya, maka dalam penelitian ini akan memberikan berbagai variasi layout yang mungkin untuk memberikan pencahayaan alami yang baik didalam ruang hunian.

2.4.1. Level Pengambilan Keputusan

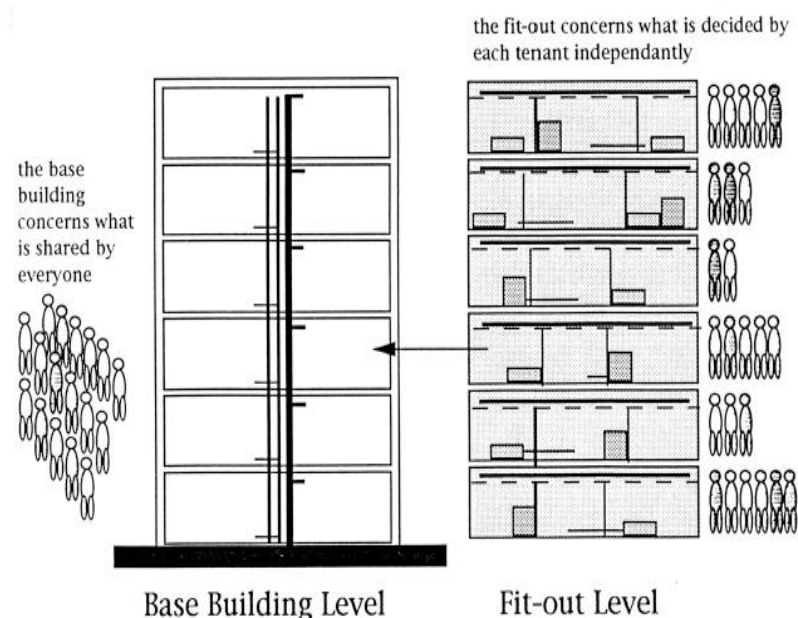
Menurut Habraken, terdapat dua level dalam proses perancangan *open building*, yaitu *support (base building level)* dan *infill (fit out level)* (Kendall, 2000).

- *Support (Base building level)*

Level ini merupakan rancangan bangunan dasar, untuk melayani Kebutuhan banyak pengguna, yang meliputi struktur, utilitas, sirkulasi, dan transportasi dalam bangunan. Selain kedua level tersebut, Habraken juga menyatakan bahwa level support pada bangunan di desain dalam bentuk yang fleksibel dan arsitektur terbuka untuk mengakomodasi system “*infill*” yang beragam (Kung Jen, 2014).

- *Infill (fit out level)*

Level ini merupakan bagian dimana pengguna berperan menentukan interior dan layout ruang yang feksibel, sesuai kebutuhannya. Pada level ini, memungkinkan penghuni untuk merubah layout dan interior dimasa mendatang, sesuai kebutuhan (Kendall, 2000).



Gambar 2.14. Level pada *Open building* (Kendall,2000)

Sementara itu industry “*infill*” dibentuk untuk mensuplai “*infill*” system yang beragam, dan bagian – bagian yang terintegrasi dengan baik atau saling

berhubungan dan dapat secara bebas dipasang atau ditingkatkan di dalam arsitektur terbuka untuk setiap rumah tangga (Kung Jen, 2014).

Dari kedua Level *Open building* diatas, level yang digunakan pada penelitian ini adalah level *infill (fit-out)*, dimana yang akan dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah perubahan layout ruang pada bangunan, dimana perubahan yang dilakukan oleh pengguna dapat berpengaruh pada kinerja pencahayaan alami.

2.4.2. Proses Teknis dan Produk *Open Building*

Perkembangan teknis pada *open building* terjadi dalam dua bidang yang terhubung dengan aktivitas, yaitu dalam pengembangan *hardware* dan perubahan proses konstruksi, perijinan, kondisi, serta dalam hal kepemilikan, (Kendall,2000). Proses teknis pada *open building* yang paling menonjol yaitu pada bidang teknologi *Support* sistem yang terutama difokuskan pada partisi, mekanikal, elektrik, dan sistem perpipaan pada rumah tinggal.

a. Fasad

Menurut Kendall (2000), kinerja teknis dan batas wilayah antara hunian individu dan hunian bersama akansangat jelas terlihat pada bagian fasad. Pada bangunan hunian multi – unit di negara-negara barat umumnya fasad di anggap sebagai bagian dari level *support*.

b. Kamar Mandi dan dapur

Penempatan secara bebas, konfigurasi, dan pemilihan penempatan untuk kamar mandi dan dapur merupakan permasalahan inti pada *open building*. Namun *open building* berupaya untuk menggabungkan pilihan individu dan tanggung jawab bersama serta penyediaan ruang untuk perpipaan, saluran dan kabel. Menurut Kendall (2000) pada zona kamar mandi dan penempatan perlengkapan individual dapat dipasang pada poros mekanikal *shaft* dari *Support*. Sementara itu penempatan jalur pembuangan pada dapur diletakkan dibelakang kabinet dapat memungkinkan terjadi pergeseran pipa pembuangan. Jepang melakukan eksperimen pada kamar mandi, dimana lantai kamar mandi ditinggikan, namun dibatasi dengan penggunaan diameter pipa pembuangan dan kemiringan, sehingga

memungkinkan pipa menjadi kendur dan ruang gerak pada hunian menjadi terbatas. Ide ini tidak sepenuhnya diterima di Eropa, oleh karena itu penempatan pipa dan saluran pembuangan besar ditempatkan disepanjang dinding atau disepanjang dasar dinding, penutupnya harus dirancang khusus.

c. Lantai Parit (*trenched floor*)

Parit dibentuk ke dalam struktur lantai *Support*, dan ditempatkan secara strategis untuk mengakomodasi berbagai penempatan kamar mandi dan dapur yang terbatas (Kendall,200).

d. *Raised Floors*

Raised floors merupakan lantai yang ditinggikan sehingga drainase, dan sistem mekanikal seperti kabel, dan pipa ventilasi diletakkan dibawahnya. Oleh karena itu, sistem mekanikal dapat dengan mudah diakses dengan cara membuka bagian atas lantai, kecuali pada lantai yang dipasang patrisi (Kendall,2000).

e. Plafond

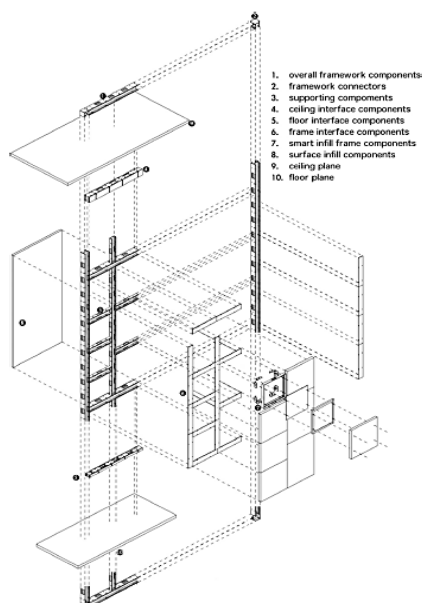
Plafond pada *open building* merupakan area untuk distribusi horizontal dari perpipaan, kabel, dan berbagai elemen *Infill* lainnya. Ketinggian plafond relatif terhadap penggunaan ruang dan proporsi, dan penempatan lampu, selain itu bertambahnya kebutuhan yang meningkat, untuk ventilasi, kontrol kelembaban dan AC, sehingga plafon sekunder merupakan bagian penting pada *open building*.

2.4.3. Sistem *Infill* Hunian

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, *infill* merupakan bagian dimana pengguna bangunan dapat secara bebas mengatur layout ruang sesuai kebutuhannya. Sistem *infill* pada hunian tidak jauh berbeda pada sistem *infill* perkantoran namun lebih kompleks (Kendall, 2000), dimana kebutuhan konsumen bervariasi, sama dengan beragam tipe dari *base building*. Kendall (2000) juga mengemukakan bahwa, sistem *infill* didukung oleh produk pengaturan yang terintegrasi, bahan prefabrikasi yang dapat disesuaikan pada hunian, dan dipasang secara menyeluruh.

Pemasangan pipa, kabel, dan saluran, adalah, bagian terpenting yang harus diperhatikan karena sistem ini diawali dan diakhiri dengan koordinasi antara pengoperasian peralatan. Dapur modern dan tempat cuci atau laundry seringkali membutuhkan koordinasi dan posisi yang tepat. Pada sistem *infill*, pengambilan keputusan penempatan dapur dan tempat cuci dilakukan sebelum hunian dihuni, sehingga memungkinkan keputusan tersebut dirubah (Kendall,2000).

Partisi merupakan salah satu sistem *infill* yang disediakan oleh industry *infill*, hingga saat ini partisi semakin banyak berkembang dengan berbagai macam variasi serta teknologi. Chien dan Wang (2014), melakukan penelitian terhadap sistem *infill* modular (partisi) yang diintegrasikan dengan teknologi pintar, untuk mendukung konsep *open building*. Chien dan Wang, mengemukakan bahwa sistem “*Smart partition*” dapat mendukung desain dengan posisi, dimensi, dan *interface*.



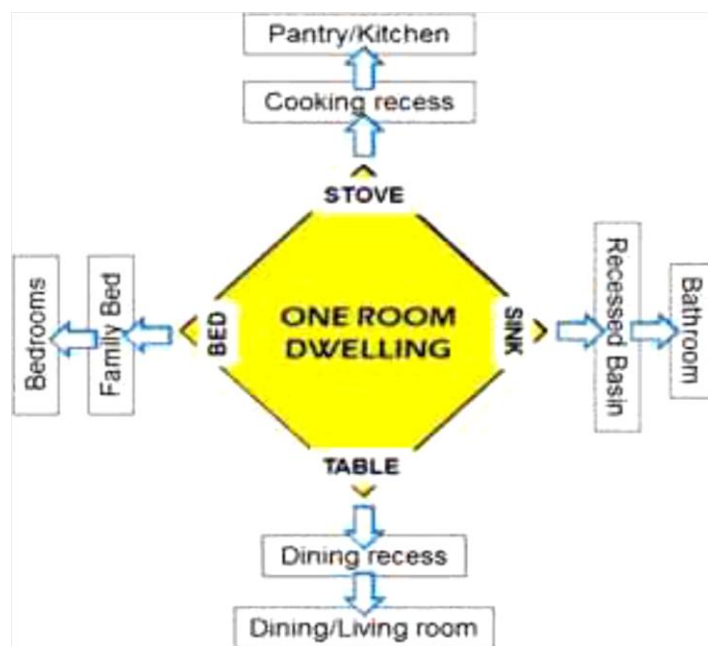
Gambar 2.15 . Komposisi sistem komponen *infill* (Chien dan Wang, 2014)

2.4.4. Layout pada konsep *Open building*

Untuk membuat suatu desain layout, perlu terlebih dahulu mengetahui apa itu desain ruang. Desain ruang adalah hasil dari proses desain yang menentukan penggunaan dan alokasi ruang untuk diusulkan pada pengguna. Pada bangunan, ruang adalah daerah tertutup dan ditentukan oleh dinding dalam dan luar. Desain

ruang mengacu pada proses analisis dan desain tata ruang dan persyarata hunian, namun tidak terbatas pada layout ruang, dan perencanaan akhir (Kisnarini, 2015).

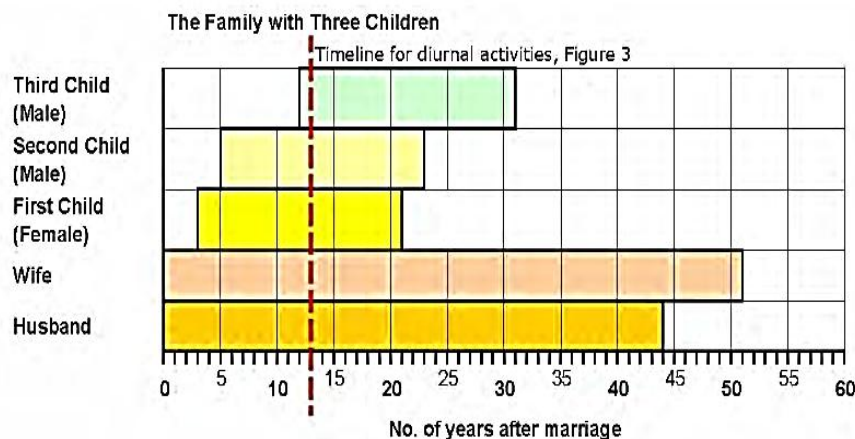
Pile (1988), mengemukakan bahwa sebelum menentukan layout, perancang harus terlebih dahulu mengetahui aktivitas apa yang terjadi pada ruang, dan perabot apa saja yang diletakkan didalamnya. Senada dengan Pile, Thompson (2011) menyatakan layout ruang pada hunian harus tumbuh dari keterkaitan antara aktivitas yang terjadi, serta melihat aktivitas apa saja yang dapat dilakukan bersama dalam satu ruang. Mendukung pernyataan Pile dan Thompson, Neufert (1980) menyatakan bahwa pembagian ruang pada hunian atau rumah, setidaknya harus menyediakan ruang penghuni untuk sejumlah kegiatan dasar, yang terkait dengan kebutuhan manusia, misalnya: ruang untuk persiapan makanan; mencuci, mandi dan buang hajat; kerja; makan; dan beristirahat. Oleh karena itu Pile (1988) menyatakan area fungsional pada sebuah hunian dapat berupa, ruang tamu, ruang makan, ruang keluarga, kamar tidur, dapur, dan area non-hunian.



Gambar 2.16. Persyaratan minimum fungsi pada hunian (Kisnarini, 2015)

Sementara itu pada bangunan hunian berkonsep *open building*, fleksibilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan, karena dalam merancang *open building*, bangunan harus mampu beradaptasi sehingga dapat memenuhi kebutuhan setiap orang, baik itu level mobilitas, usia, kesehatan, dan

siklus hidup. Morris (Ministry of Housing and Local Government, 1961) mengilustrasikan perubahan yang terjadi pada keluarga selama perkembangan, melalui sebuah diagram dibawah ini, untuk mendemonstrasikan bagaimana komposisi dalam suatu rumah tangga dapat berubah.



Gambar 2.17. Contoh grafik perkembangan rumah tangga (Morris, 1961)

Grafik diatas menunjukkan metode untuk keluarga yang memiliki tiga anak, dan menunjukkan bahwa dalam siklus sebuah rumah tangga dapat terdiri dari, satu orang selama tujuh tahun, dua orang selama enam belas tahun, tiga orang selama tujuh tahun, empat orang selama sembilan tahun, dan lima orang selama lima tahun.

Grafik ini dapat bervariasi pada rumah tangga yang satu dengan rumah tangga yang lainnya, dan secara signifikan berbeda antara tipe – tipe rumah tangga karena perubahan demografi dan gaya hidup. Selanjutnya Thompson (2011) mengemukakan, ketika ruang kegiatan telah dikembangkan untuk penghuni yang sesuai, dan adanya pemahaman akan mana yang merupakan kegiatan primer dan sekunder, sangat penting untuk mempertimbangkan hubungan antara ruang aktivitas dan bagaimana desain hunian secara keseluruhan memiliki dampak pada setiap ruang.

Berdasarkan teori – teori yang telah dikemukakan tersebut, maka teori yang digunakan untuk menentukan berbagai kemungkinan variasi layout ruang pada apartemen berkonsep *open building*, adalah dengan melihat aktivitas,

kebutuhan ruang serta pengelompokan ruang berdasarkan hubungan antar aktivitas.

2.5. Definisi Apartemen

Menurut Stein (1967), apartemen adalah sebuah ruangan atau beberapa susunan dalam beberapa jenis yang memiliki kesamaan dalam suatu bangunan yang digunakan sebagai rumah tinggal. Sedangkan menurut Marlina (2008) apartemen adalah bangunan yang membuat beberapa grup hunian, yang berupa rumah flat atau petak bertingkat yang diwujudkan untuk mengatasi masalah perumahan akibat kepadatan tingkat hunian dari keterbatasan lahan dengan harga yang terjangkau di perkotaan. Sementara itu Neufert (1980), menjelaskan apartemen adalah bangunan hunian yang dipisahkan secara horizontal dan vertikal, agar tersedia hunian yang berdiri sendiri dan mencakup bangunan bertingkat rendah atau bertingkat tinggi, dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas yang sesuai dengan standart yang telah ditentukan. Ciri-ciri umum bangunan apartemen, sebagai berikut :

- Memiliki jumlah lantai lebih dari satu
- Terdiri atas beberapa unit hunian dalam satu lantai
- Setiap unit hunian terdiri atas minimal 3 macam ruang yaitu ruang tidur, dapur dan kamar mandi
- Setiap penghuni akan saling berbagi fasilitas yang ada pada apartemen – Sirkulasivertikal berupa tangga atau lift, sedangkan sirkulasi horizontalnya berupa koridor.
- Setiap unit mendapatkan jendela yang menghadap ke luar bangunan
- Pada apartemen mewah, terdapat penambahan ruang-ruang seperti ruang kerja, ruang tamu, foyer, ruang khusus pembantu, ruang rias, dll

2.6. Klasifikasi Apartemen

Apartemen dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Tipe apartemen berdasarkan jenis dan besar bangunan (Akmal, 2007), apartemen terdiri dari:
 - *High-Rise Apartment*

Bangunan apartemen yang terdiri lebih dari sepuluh lantai. Dilengkapi area parkir bawah tanah, system keamanan dan servis penuh. Struktur apartemen lebih kompleks sehingga desain unit apartemen cenderung standard. Jenis ini banyak dibangun dipusat kota.

- *Mid-Rise Apartment*

Bangunan apartemen yang terdiri dari tujuh sampai dengan sepuluh lantai. Jenis apartemen ini lebih sering dibangun di kota satelit.

- *Low-Rise Apartment*

Apartemen dengan ketinggian kurang dari tujuh lantai dan menggunakan tangga sebagai alat transportasi vertikal. Biasanya untuk golongan menengah kebawah.

- *Walked-up Apartment*

Bangunan apartemen yang terdiri atas tiga sampai dengan enam lantai. Apartemen ini kadang-kadang memiliki lift, tetapi dapat juga tidak menggunakan. Jenis apartemen ini disukai oleh keluarga yang lebih besar (keluarga inti ditambah orang tua). Gedung apartemen ini hanya terdiri atas dua atau tiga unit apartemen.

Dari keempat tipe tersebut, *High rise* apartemen merupakan tipe apartemen yang banyak dijumpai di Surabaya. Untuk itu tipe apartemen *high-rise*, sangat sesuai untuk digunakan pada penelitian ini.

2. Apartemen berdasarkan bentuk masa bangunannya, terbagi atas 3 tipe, yaitu (Apartemen : Their Design and Development, 1967) :

- Apartemen bentuk *Slab*

Pada apartemen bentuk *Slab*, antara tinggi bangunan dan panjang/lebar bangunan hampir sebanding, sehingga bangunan berbentuk seperti kotak yang pipih, biasanya memiliki koridor yang memanjang dengan unit – unit hunian berada disalah satu atau kedua sisi koridor.

- Apartemen bentuk Tower

Pada apartemen berbentuk tower, lebar/panjang bangunan lebih kecil dibandingkan dengan tinggi bangunan. Sehingga bentuk bangunan seperti tiang,

biasanya bentuk bangunan diatas 20 lantai, sistem sirkulasi menggunakan *core* karena menggunakan lift, terdapat beberapa variasi bentuk tower, antara lain :

- *Single tower*, yaitu apartemen dengan satu bentuk masa bangunan, *core* umumnya terletak ditengah bangunan, luas koridor dapat diminimalkan, unit-unit hunian dapat terletak ditangga dan lift. Berdasarkan bentuk masa apartemen dengan satu tower dapat dibedakan menjadi : tower plan, expanded tower, circular tower plan, cross plan, dan five wing plan.
- *Multi tower*, yaitu apartemen yang memiliki lebih dari satu masa bangunan, antara satu masa bangunan dapat dihubungkan dengan satu masa penghubung, yang umumnya terletak ditengah masa lain yang mengelilinginya, lift dan tangga diletakkan pada masa penghubung tersebut.

3. Apartemen berdasarkan tipe unit, terbagi atas 4 (Akmal, 2007), yaitu :

- Studio

Unit apartemen ini hanya memiliki satu ruang yang bersifat multifungsi antara lain sebagai ruang duduk, kamar tidur dan dapur yang semuanya terbuka tanpa partisi. Satu-satunya ruang yang terpisah hanya kamar mandi. Tipe ini sesuai dihuni oleh satu orang atau pasangan yang belum memiliki anak. Luas minimum unit ini berkisar antara 20-35 m².

- Apartemen 1,2,3 kamar/apartemen keluarga

Pembagian ruang apartemen ini mirip dengan rumah biasa. Tipe ini memiliki kamar tidur terpisah serta ruang duduk, ruang makan, dapur yang bias terbuka dalam satu ruang atau terpisah. Luas apartemen tipe ini sangat beragam tergantung ruang yang dimiliki serta jumlah kamarnya. Luas minimal untuk satu kamar tidur yaitu 25 m², 2 kamar tidur sebesar 30 m², 3 kamar tidur sebesar 85², dan 4 kamar tidur mencapai 140 m².

- *Loft*

Loft adalah bangunan bekas gudang atau pabrik yang kemudian dialihfungsikan sebagai apartemen. Caranya adalah dengan menyekat-nyekat

bangunan besar ini menjadi beberapa unit hunian. Keunikan *loft apartment* adalah biasanya memiliki ruang yang tinggi serta *mezzanine* atau dua lantai dalam satu unit. Bentuk bangunannya pun cenderung berpenampilan industrial. Meski demikian beberapa pengembang kini menggunakan istilah *loft* untuk apartemen dengan *mezzanine* atau dua lantai walaupun dalam bangunan yang baru.

- *Penthouse*

Unit hunian ini berada di lantai paling atas sebuah bangunan apartemen. Luasnya lebih besar daripada unit-unit dibawahnya. Bahkan, kadang-kadang satu lantai hanya ada satu atau dua unit saja. Selain lebih mewah, *penthouse* juga lebih privat karena memiliki lift khusus untuk penghuninya. Tipe ini memiliki luas minimum mencapai 300 m².

Tipe unit apartemen yang paling banyak ditemukan pada gedung-gedung apartemen yang ada di Surabaya adalah tipe *multiroom* dengan 2 atau 3 hingga 4 kamar serta tipe studio. Sehingga tipe ini, sesuai untuk digunakan pada penelitian ini.

4. Marlina (2008), mengklasifikasikan apartemen menurut jumlah kamarnya, sebagai berikut :

- Tipe Studio (18 m² - 45 m²) Tipe ini mengutamakan efisiensi penggunaan ruang-ruang. Hanya tersedia ruangan tanpa sekat.
- Tipe dua ruang tidur (45 m²-90 m²) Apartemen ini berkapasitas 3-4 orang, misalnya keluarga dengan satu atau dua anak. Pada tipe ini biasanya ruang keluarga dan ruang makan dipisah.
- Tipe tiga ruang tidur (54 m²-108 m²) Apartemen ini berkapasitas 4-5 orang, misalnya keluarga besar dengan tiga anak atau lebih.

Tipe dua ruang tidur dan tiga ruang tidur, merupakan tipe yang sesuai dengan penelitian ini, karena perubahan layout ruang dapat terjadi apabila kebutuhan ruang dalam suatu hunian semakin banyak. Tipe studio yang cendrung tanpa sekat tidak sesuai untuk penelitian ini karena tidak memungkinkan untuk membbuat variasi layoutnya.

2.6. Sintesa Kajian Pustaka

Pencahayaan alami adalah salah satu metode pasif pemanfaatan sinar matahari untuk pencahayaan bangunan terutama pada saat siang hari, oleh karena itu pencahayaan alami sangat dipengaruhi oleh kondisi langit. Lokasi penelitian yakni Surabaya merupakan daerah dengan iklim tropis lembab yang memiliki kondisi langit *overcast*, di mana menurut Koennigsberger (1970) kondisi langit pada daerah tropis lembab berupa *overcast* dan hampir berawan sepanjang tahun dengan *cloud cover* bervariasi antara 60-90 %, luminasi langit mencapai 7000 cd/m^2 . Nilai iluminasi langit dapat lebih tinggi lagi apabila kondisi langit sedikit *overcast* atau ketika matahari disertai awan *cumulus* putih. Sebaliknya, jika kondisi langit sangat *overcast*, langit akan memudar dengan iluminasi rendah hingga 850 cd/m^2 .

Teori yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan untuk merumuskan variabel adalah strategi pencahayaan alami yang dikemukakan oleh Lechner (2009),) dan Evans (1981), yaitu perencanaan ruang atau variasi layout, serta Koenigsberger dkk (1973), dan Lechner (2009) yaitu strategi pencahayaan alami berupa bukaan. Perencanaan ruang secara lebih detail dapat dipengaruhi oleh beberapa factor variasi layout ruang dan rasio ruang. Sedangkan untuk variabel bukaan berdasarkan persebarannya.

Open building merupakan konsep desain yang memungkinkan penghuni untuk mengubah layout huniannya, dimana prinsipnya bangunan harus bersifat dinamis, dan bisa berubah fleksibel sesuai kebutuhan pengguna. Pada *open building*, *infill* merupakan bagian dimana penghuni bebas untuk mengatur interiornya, bahkan mengubah penataan ruang sesuai kebutuhannya. Selain dapat mengubah *infill*, *open building* juga dapat memungkinkan untuk perubahan pada fasad, baik dari tampilan serta bukaan. Kinerja pencahayaan alami pada bangunan apartemen berkonsep open building tidak hanya dipengaruhi oleh bukaan tapi juga oleh perubahan layout yang ditinjau berdasarkan aktivitas penghuni, kebutuhan ruang serta hubungan antar ruang, yang akan disesuaikan dengan kebutuhan pencahayaan alami berdasarkan standar iluminasi (SNI 03-6197-2000), dan distribusi pencahayaan alami pada suatu ruangan (Ander, 1995) dan (Steffy, 2002).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Paradigma Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan variasi *layout*, serta posisi bidang transparan pada fasad apartemen berkonsep *open building*, dan mengevaluasi serta menjelaskan pengaruh variasi *layout* ruang, dan posisi bidang transparan tersebut pada apartemen berkonsep *open building* terhadap kinerja pencahayaan alami. Analisa dan penjelasan pada penelitian ini difokuskan pada dua hal, yaitu distribusi pencahayaan alami, dan pemenuhan standar iluminan untuk beraktivitas. Karakteristik yang dimiliki oleh penelitian ini dapat digolongkan dalam penelitian jenis kuantitatif. Hal ini berdasarkan pada kesamaan karakteristik penelitian dengan pernyataan Groat dan Wang (2002) mengenai penelitian kuantitatif, yaitu:

1. Prosesnya bersifat deduktif, dimana penelitian ini mencari hubungan sebab akibat dari perubahan *layout* ruang serta bidang transparan terhadap kinerja pencahayaan alami didalam apartemen *open building* .
2. Fenomena yang dapat diukur dengan angka, dalam hal ini kinerja pencahayaan alami yang diteliti dilihat dari data iluminan cahaya alami berupa angka.
3. Realitas bersifat objektif, yaitu berupa realitas kinerja pencahayaan alami yang dihasilkan pada variasi *layout* ruang, dan posisi bidang transparan apartemen *open building* .

Penelitian ini menggunakan paradigma positivism sebagai pedoman dalam pemilihan metodologi penelitian. Adapun pemilihan paradigma positivism pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan sebagai berikut :

- Penelitian menggunakan objektivitas (Groat dan Wang, 2002),
- Penelitian mengungkapkan validasi internal
- Penelitian mengutamakan validasi eksternal

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan sebab – akibat dari perubahan *layout* ruang dan posisi bidang transparan pada fasad apartemen terhadap kinerja pencahayaan alami pada apartemen berkonsep *open building* . Untuk itu, metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu metode eksperimental dengan bantuan simulasi. Menurut Groat dan Wang (2002), metode eksperimental digunakan dengan pertimbangan adanya :

- Fokus pada hubungan sebab akibat dalam hal ini antara variasi *layout* ruang dan posisi bidang transparan pada fasad terhadap kinerja pencahayaan alami dengan parameter distribusi dan rata – rata iluminan cahaya alami, didalam unit apartemen berkonsep *open building* di Surabaya.
- Penggunaan variabel kontrol dalam penelitian ini grup kontrol yang ditentukan berupa jarak dari lantai ke plafond, warna material serta *Window to floor ratio* WFR.
- Penggunaan *treatment* atau variabel bebas, dalam hal ini tata letak ruang pada unit apartemen yang dapat di ubah – ubah, serta posisi bidang transparan pada fasad.
- Pengukuran hasil atau varibel terikat, dalam hal ini kinerja pencahayaan alami.

Untuk memudahkan pengendalian kondisi lingkungan eksperimen, property bahan, dan perubahan model (Satwiko, 2010), maka simulasi digunakan sebagai alat bantu dalam penelitian ini. Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan metode simulasi, yakni :

- Kemampuan meniru atau memproduksi keadaan nyata (Satwiko, 2010), dalam hal ini perilaku distribusi dan iluminan cahaya alami dalam ruang yang dihasilkan pada setiap variasi *layout* dan bidang transparan.
- Tidak memerlukan ruang fisik yang besar (Satwiko, 2010), dalam hal ini ruang fisik Apartemen
- Perekaman visual dan numerik sangat mudah dilakukan dan disimpan dalam laporan (Satwiko, 2010), dalam hal ini visualisasi distribusi cahaya alami, dan

rata – rata iluminan dari simulasi dengan menggunakan software *Ecotect Analysis 2011* dan *Radiance 1.02*.

Penelitian eksperimen dengan teknik simulasi terkait kinerja pencahayaan alami telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian yang sudah dilakukan dengan Metode ini antara lain oleh Tiono dan Indriani (2015) yang melakukan penelitian terkait pengaruh *lightshelf* terhadap pencahayaan alami ruang kerja. Elsiana Feny (2013) terkait pengaruh tipe perancangan *horizontal light pipe* terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang kantor di daerah tropis lembab. Susanto dan Seno (2015) terkait Optimalisasi pencahayaan alami pada ruang baca perpustakaan, dan Susanti (2015) terkait pengaruh bukaan selubung terhadap kinerja pencahayaan alami pada rumah betang Kalimantan Tengah.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga, yakni variabel bebas, variabel terikat, dan Variabel kontrol.

1. Variabel bebas :
 - a. Layout ruang
 - b. Bidang transparan pada fasad
2. Variabel terikat :
 - a. Absolute iluminan
 - b. Distribusi iluminan dalam ruang
3. Variabel kontrol :
 - a. Ketinggian plafon
 - b. Warna
 - c. Material
 - d. WFR

3.4. Definisi Operasional

1. Variabel bebas (*layout*) :
 - a. Yang dimaksud dengan *layout* yaitu perubahan konfigurasi ruang dalam unit hunian yang dapat diubah – ubah sesuai kebutuhan penghuni.
 - b. Yang dimaksud dengan bidang transparan pada fasad yaitu, posisi bidang transparan pada fasad
2. Variabel terikat :
 - a. Absolut Iluminan : yang dimaksud dengan Absolut iluminan yaitu persebaran nilai iluminan di dalam ruang dengan melihat nilai iluminasi tersebar pada setiap titik di dalam ruang yang diteliti, serta nilai rata – rata iluminan dari seluruh titik ukur.
 - b. Distribusi iluminan: yang dimaksud dengan Distribusi Iluminan yaitu nilai iluminan yang berada di dekat bidang transparan, dan nilai iluminan yang berada jauh dari bidang transparan
3. Variabel Kontrol
 - a. Ketinggian plafon : yaitu jarak dari lantai ke langit – langit, yang ditetapkan 3,5m.
 - b. Warna : Warna dinding putih
 - c. Material : Material yang di maksud yaitu jenis material bangunan yang akan di gunakan dalam simulasi, baik dinding, lantai, jenis kaca, dsb.
 - d. WFR : Yaitu perbandingan luas jendela terhadap luas lantai ruang yang di tetapkan berdasarkan standar Depkes RI untuk rumah sehat, yaitu 20%.

3.5. Subyek dan Obyek Penelitian

Penentuan subyek bertujuan untuk menggeneralisasikan hasil penelitian yang akan dilakukan terhadap berbagai kondisi yang berhubungan dengan variabel –

variabel sejenis. Pada penelitian ini, subyek penelitian adalah apartemen yang berkonsep *open building* , yang akan diterapkan variasi *layout*.

Obyek penelitian merupakan pokok persoalan yang hendak diteliti untuk mendapatkan data secara lebih terarah. Obyek penelitian ini adalah variasi *layout* pada unit hunian apartemen.

3.6. Penetapan *Base case*

Base case pada penelitian ini yaitu apartemen Next21 di Jepang. Next21 merupakan bangunan yang terdiri dari 6 lantai dengan 18 unit hunian didalamnya (Kendall,2000).



Pemilihan unit #302 pada Next21 sebagai contoh *base case*, didasarkan pada beberapa aspek mengenai apartemen di Surabaya dan konsep *open building*, telah dipertimbangkan, antara lain :

1. Tipologi layout

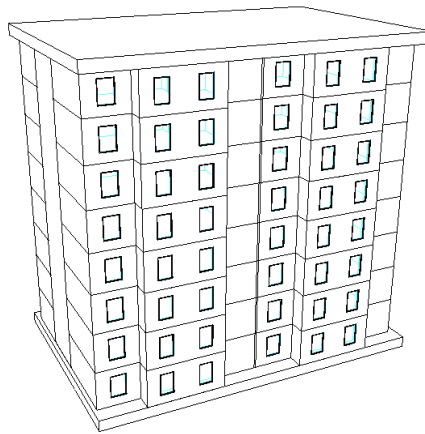
Tipologi layout unit hunian pada Next21, merupakan representasi dari layout unit hunian apartemen di Surabaya, dimana tipologi layout unit apartemen di Surabaya yang dipilih adalah layout unit hunian 3 kamar tidur, memiliki rasio panjang lebar 2:1.

2. Konsep Open Building

- Sistem Bangunan : Komposisi subsistem pada Next21 memiliki komponen yang mudah diganti dan dapat beradaptasi terhadap perubahan gaya hidup penghuni ditiap huniannya.
- Struktural : Memiliki struktur fleksibel sehingga dapat bertahan lama.
- Desain Fasad : Variasi geometris dari fasad unit individu dikoordinasikan melalui penggabungan aturan desain untuk dinding eksterior dan pengaturan modular dari jendela.
- Sistem *Infill* : Sistem *infill* pada Next21, terdiri dari partisi, serta langit – langit gantung dan lantai yang dapat dibuka (*raised floor*). Dengan adanya, penggabungan fitur dari subsistem *infill* memungkinkan untuk fleksibilitas dalam penempatan partisi interior dan memfasilitasi perawatan dan renovasi komponen mekanis yang mudah.
- Sustainability : Next21 memberikan fitur – fitur hijau pada bangunan, dimana pada balkon dari unit hunian terdapat tanaman yang di tanam, serta tanaman merambat pada dinding. Selain itu juga terdapat tempat penampungan air hujan yang dapat didaur ulang dan digunakan kembali.
- Efisiensi Energi : konsep produksi energy, berupa penggunaan sel surya dan bahan bakar bertujuan untuk konservasi energy.
- Pencahayaan alami : penempatan jendela pada next21, disesuaikan dengan

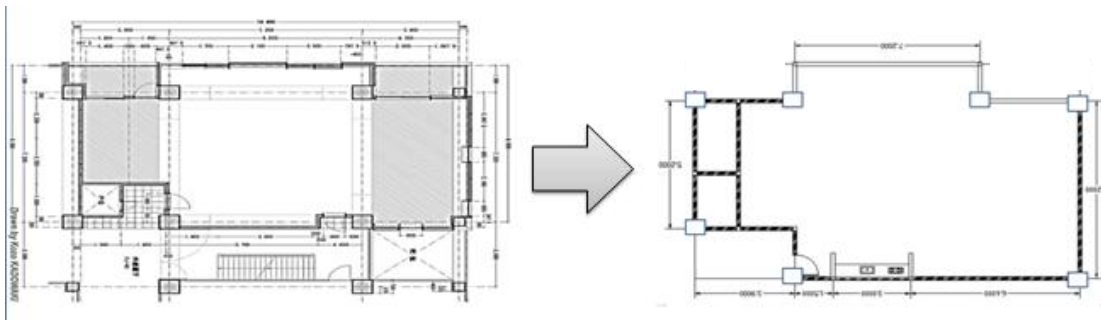
modul unit hunian, serta orientasinya. Pada sisi yang terpapar matahari secara langsung diberi penutup pada sisi luarnya, namun cahaya tetap dapat masuk kedalamnya, sedangkan pada sisi lainnya jendela ditempatkan pada posisi luar sehingga cahaya masuk lebih banyak, hal ini juga karena adanya pertimbangan iklim.

Berdasarkan bentuk bangunan dan denah Next 21, kemudian dilakukan penyederhanaan bentuk, yang disesuaikan dengan model apartemen di Surabaya.



Gambar 3.3. Model Bangunan Apartemen *open building*

Penyederhanaan pada denah unit apartemen Next21 disesuaikan dengan kondisi apartemen di Surabaya. Beberapa penyederhanaan yang dilakukan pada denah dasarnya yaitu, balkon pada unit apartemen Next21 dihilangkan, kolom – kolom di sesuaikan dengan model bangunan apartemen di Surabaya, posisi pintu dan jendela di rubah sesuai kebutuhan simulasi.



Gambar 3.4. Penyederhanaan denah unit apartemen Next21

3.7. Jenis Data dan Teknik Pengumpulan data

Data – data yang dibutuhkan dalam penelitian yang disusun sesuai dengan variabel penelitian dan teknik pengumpulan data dapat dilihat pada tabel berikut :

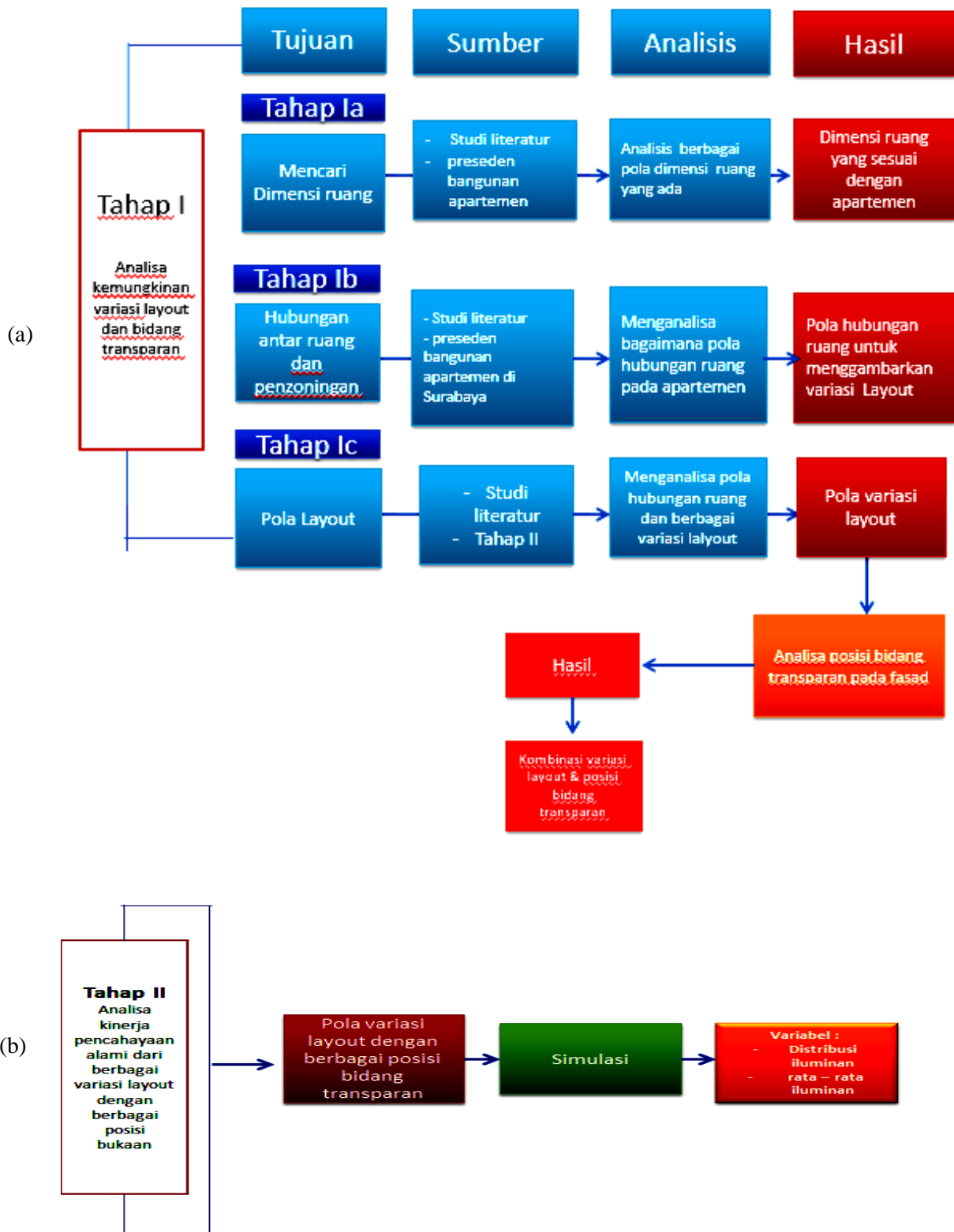
Tabel 3.1. Jenis Data dan teknik pengumpulan data

Variabel Bebas	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data
- Variasi <i>layout</i> ruang	Data sekunder berupa data <i>Layout</i> ruang berdasarkan : <ul style="list-style-type: none"> - Aktivitas penghuni - Hubungan ruang dan zoning ruang - Konfigurasi ruang 	Studi literature berupa teori – teori <i>layout</i> ruang : <ul style="list-style-type: none"> - Neufert 1980 - Morris, 1961
- Bidang transparan pada fasad	Data sekunder : Posisi bidang transparan pada fasad	Study Literatur
Variabel Terikat	Jenis Data	Teknik Pengumpulan Data
Kinerja pencahayaan alami, dengan parameter : <ul style="list-style-type: none"> - Absolut Iluminan 	Nilai iluminan disetiap titik ukur, kemudian dirata – ratakan nilai iluminan dari keseluruhan titik	Simulasi dengan software Radiance 1.02 yang dimodelkan dengan Ecotect analysis 2011.
<ul style="list-style-type: none"> - Distribusi cahaya alami 	Nilai iluminan yang berada di dekat bidang transparan, dan nilai iluminan yang berada jauh dari bidang transparan berupa kurva isokontur	Simulasi dengan software Radiance 1.02, dan Ecotect Analysis 2011.
Variabel Kontrol	Jenis Data	Teknik Pengumpulan data
<ul style="list-style-type: none"> - Ketinggian plafon - Warna - Material - WFR 	<ul style="list-style-type: none"> - Data sekunder 	<ul style="list-style-type: none"> - Studi literature - Model simulasi

Sumber : Penulis

3.8. Eksperimen

Prosedur eksperimen yang dirancang pada penelitian ini untuk mencapai tujuan dan menjawab pertanyaan penelitian, yang dilakukan dalam 3 tahap sebelum masuk dalam simulasi, yaitu yang pertama tahap penentuan dimensi ruang melalui literature, tahap ke dua penentuan pola variasi layout berdasarkan preseden unit apartemen yang ada di Surabaya, tahap ke tiga penentuan posisi dan luas bidang transparan. Secara umum tahapan dalam penelitian bisa dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Skema Kerangka Eksperimen, (a) tahap I, (b) tahap II

3.9. Simulasi

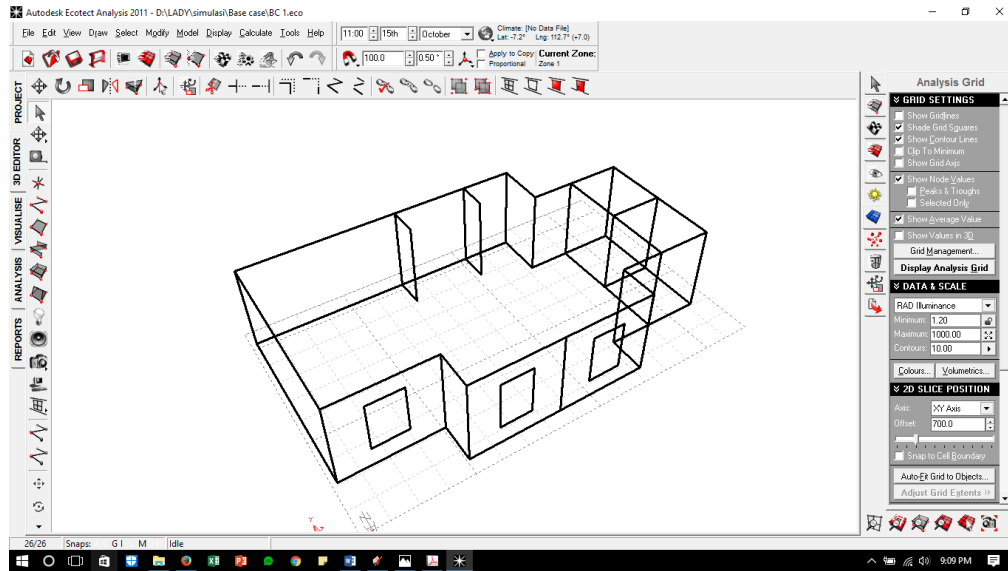
Penelitian ini menggunakan *Desktop radiance 1.02*, dengan pemodelan pada *Ecotect analysis 2011*. *Radiance* merupakan *software* simulasi, yang dikembangkan oleh Marinsoft Inc dan Lawrence Berkeley National Laboratory. *Radiance* mampu memberikan data keluaran hasil simulasi, berupa kontur iluminasi lengkap beserta nilai iluminan tertinggi, dan terendah yang terjadi pada sebuah ruangan, dan juga mampu menghasilkan data keluaran berupa *image* dari kamera, secara 3 dimensi lengkap beserta kontur iluminasi yang terjadi. Menurut Ander (1995), *Radiance* merupakan program simulasi pencahayaan yang menggunakan sebuah metodologi *ray-tracing* untuk memprediksi secara akurat perilaku cahaya dalam ruang, sehingga simulasi yang diinginkan mampu menghasilkan data keluaran yang lengkap yang diperlukan untuk memudahkan dalam menganalisa fenomena – fenomena yang terjadi.

Simulasi menggunakan *Desktop Radiance 1.02* telah banyak dilakukan oleh peneliti yang bertujuan untuk mengidentifikasi kinerja pencahayaan alami suatu bangunan. Chandra (2013) melakukan penelitian terkait pencahayaan alami dan buatan pada studio gambar sekolah tinggi teknik Musi pelambang. Khrisna (2007) melakukan penelitian terkait optimasi desain elemen fasad pada perpustakaan pusat ITS untuk melihat seberapa baik distribusi cahaya alami pada ruang baca. Elsiana (2013) melakukan penelitian terkait pengaruh tipe percabangan Horizontal Light Pipe terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang kantor di daerah tropid lembab.

Prosedur Simulasi pada *Desktop Radiance 1.02*, yaitu menginput data simulasi berupa : model 3 dimensi, kondisi langit, waktu pengukuran (bulan, tanggal, jam), data lokasi, zona yang disimulasikan, orientasi, titik referensi, atau grid referensi sebagai posisi titik ukur dan kamera sebagai titik acuan, dalam menampilkan hasil pencahayaan secara meruang. Untuk model simulasi 3 dimensi di gunakan *Ecotect analysis 2011*, dengan memasukkan inputan yang di butuhkan pada *ecotect*, yaitu :

Latitude : -7.2 Lintang Selatan

Longitude : 11.7 Bujur timur
 Time : + 7 (7 jam ke arah timur dari Greenwich)
 Local Terrain : Urban



Gambar 3.6. Modeling base case pada software Ecotect Analysis 2011

Waktu simulasi ditetapkan pada bulan Desember dan bulan Oktober, dimana kondisi langit pada bulan Desember cenderung berawan , dan bulan Oktober kondisi langit cerah. Penentuan waktu simulasi berdasarkan estimasi terjadinya kondisi langit, dimana kemungkinan terjadinya langit cerah 0% bila lama penyinaran matahari 0%, dan langit 0% mendung bila lama penyinaran matahari sebesar 100%. Lama penyinaran matahari selama 5 tahun terakhir berdasarkan data BMKG Perak I Surabaya, dapat dilihat pada tabel 3.2. :

Tabel 3.2. Lama penyinaran matahari selama 5 tahun

B U L A N	LAMA PENYINARAN MATAHARI (%)				
	2011	2012	2013	2014	2015
JANUARI	40	37	52	44	57
PEBRUARI	42	57	59	60	66
MARET	58	50	63	83	59
APRIL	46	72	45	66	58
MEI	72	77	53	75	84

JUNI	85	86	47	84	90
JULI	96	87	66	88	91
AGUSTUS	84	98	90	98	94
SEPTEMBER	95	99	100	98	100
OKTOBER	88	93	93	94	100
NOPEMBER	57	74	61	72	86
DESEMBER	47	36	43	42	55

Lama penyinaran tertinggi dalam satu tahun terjadi pada bulan September dan Oktober, sementara yang terendah pada bulan Desember dan Januari. Oleh Karena itu simulasi penelitian ditetapkan salah satu tanggal pada salah satu bulan dengan lama penyinaran terlama dan salah satu tanggal dengan lama penyinaran terendah.

Material dari pemodelan ruang apartemen ditentukan sesuai dengan sub bab 2.2.5, dimana menurut Lechner (2009) finishing dengan nilai reflektansi tinggi dapat memberikan penetrasi dan distribusi cahaya yang baik. Oleh karena itu material dengan reflektansi tinggi secara berurutan yaitu :

Tabel 3.3. Input Material pada *Ecotect*

No	Jenis Elemen	Warna	Jenis Material	Reflektansi	VT (visible transmittan)
1	Plafon	Putih	<i>Suspended concrete ceiling</i>	80%	0
2	Dinding	Putih	<i>Concrete block plaster</i>	70%	0
3	Lantai	Putih	<i>ConcFloor tiles Suspended</i>	80%	0
4	Kaca	Bening	<i>Singleglazed alumframe</i>	70%	0.75

3.10. Analisa Data

Analisa data bertujuan untuk menjawab permasalahan dan mencapai tujuan penelitian, yaitu menganalisa kinerja pencahayaan alami yang dipengaruhi oleh perubahan *layout* ruang dan posisi bidang transparan. Analisa berdasarkan pada hasil simulasi yang dilakukan pada kondisi eksisting dan hasil variasi *layout* yang telah ditetapkan melalui kajian preseden dan kajian pustaka. Analisa tersebut sebagai berikut:

1. Menganalisa dimensi ruang, hubungan ruang, dan konfigurasi ruang berdasarkan kebutuhan pencahayaan alami dan posisi bidang transparan pada fasad.
2. Menganalisa kinerja pencahayaan alami yang didapatkan dari hasil simulasi pada variasi *layout*, yaitu berupa :
 - a. Absolute iluminan : dengan menganalisa presentasi titik ukur yang memenuhi standar dan yang tidak memenuhi standar, serta rata – rata iluminan untuk di bandingkan dengan standar pencahayaan alami rumah tinggal.
 - b. Distribusi Iluminan : menganalisa kecenderungan kurva iluminan, apabila kurva iluminan landai maka distribusi tersebut dapat dikatakan baik.

3.11. Presentasi Hasil

Presentasi hasil simulasi variabel bebas dari absolute iluminan, yaitu berupa tabel yang berisi nilai iluminan disetiap titik ukur, dari nilai tertinggi, nilai terendah, serta grafik rata-rata iluminan dari ketiga posisi bidang transparan.

Sementara itu distribusi iluminan berupa peta kontur dan kurva isokontur, untuk menggambarkan kecenderungan kurva distribusi cahaya dari area dekat bidang transparan hingga area paling belakang yang jauh dari bidang transparan.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Kemungkinan Variasi *Layout*

4.1.1. Dimensi Ruang

Analisa dimensi ruang didasarkan pada studi literatur, untuk mendapatkan dimensi ruang pada unit apartemen, yang akan diterapkan pada *base case open building*. Untuk mendapatkan dimensi ruang pada unit hunian terlebih dahulu menganalisa aktivitas penghuni, persyaratan ruang terkait kebutuhan cahaya, serta kebutuhan ruang.

Tabel 4. 1. Analisa aktivitas dan kebutuhan ruang

<u>Aktivitas penghuni</u>	<u>Persyaratan Ruang</u>	<u>Kebutuhan ruang</u>	<u>Karakter ruang</u>
<u>Tidur/ istirahat</u>	Membutuhkan cahaya alami yang cukup	<u>Kamar</u>	Privat
<u>Mandi, buang air</u>	Dapat menggunakan pencahayaan buatan	<u>Kamar mandi</u>	Servis
<u>Memasak dan mencuci piring</u>	Dapat menggunakan pencahayaan buatan	<u>Dapur</u>	Servis
<u>Makan dan minum</u>	Dapat menggunakan cahaya <i>borrow light</i>	<u>Ruang makan</u>	Semi publik
<u>Duduk, nonton, bersantai, berinteraksi dengan keluarga/ menerima tamu</u>	Membutuhkan cahaya alami yang cukup	<u>Ruang tamu</u> <u>/ruang keluarga</u>	Semi publik

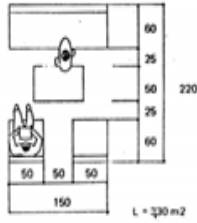
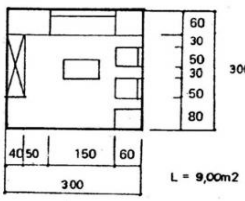
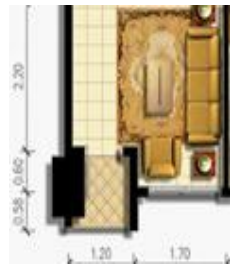

Berdasarkan analisa aktivitas dan kebutuhan ruang diatas maka dimensi ruang berdasarkan aktivitas dan tata letak ruang dari hasil kajian literatur dan preseden apartemen, yaitu sebagai berikut :

1. Ruang tamu

Analisa dimensi ruang tamu berdasarkan standar dari literatur yang digunakan yaitu Keputusan Mentri Pekerjaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, serta berdasarkan kajian preseden apartemen, dimana apartemen yang dipilih yaitu apartemen Cosmopolis dan Puri Mas Surabaya mewakili apartemen yang ada di Surabaya, kedua apartemen dipilih berdasarkan pertimbangan jenis apartemen *double loaded*, serta geometri denah hunian yang sama dengan *base case*.

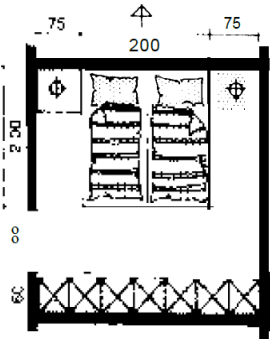
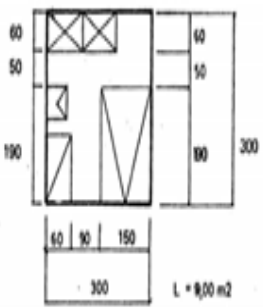


1. Ruang Tamu

Tabel 4.2. Analisa dimensi ruang tamu

Ruang	Standart (Literatur)	Apartemen	Kesimpulan
R. tamu	<p>1. Keputusan Mentri Pekerajaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, standart luas ruang tidur : 3,3m². Dengan dimensi 2,2 x 1,5</p>  <p>Dan 9m2, dengan dimensi 3 x 3</p> 	<p>1. Apartemen Cosmopolis surabaya , luas kamar tidur 6,72m2, dengan dimensi 2,4 x 2,8</p>  <p>2. Apartemen Puri Mas Surabaya, luas kamar tidur 4,6m2, dengan dimensi 1,85 x 2,5</p> 	<p>Berdasarkan literatur dan preseden apartemen di samping maka dimensi ruang tamu yang paling maksimal yaitu 3 x 3. pemilihan ini juga mempertimbangk an kenyamanan apabila ruang tamu lebih besar dan luas di bandingkan ukuran yang lebih kecil</p>

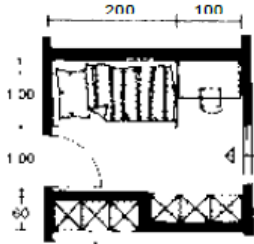
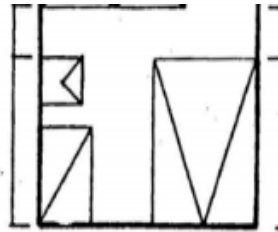
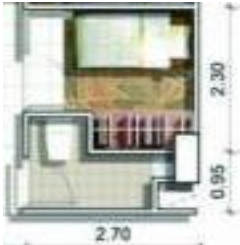

2. Kamar Tidur Utama

Tabel 4.3. Analisa Dimensi Kamar Tidur Utama

Ruang	Standart (Literatur)	Apartemen	Kesimpulan
K. Tidur utama	<p>1. Ernst Neufert, Data Arsitek, edisi ke 3. standart luas kamar tidur 10,5m²dengan dimensi 3,5 x 3</p>  <p>2. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, standart luas ruang tidur : 9m². Dengan dimensi 3 x 3</p> 	<p>1. Apartemen Puri Mas Surabaya, luas kamar tidur 7,1m², dengan dimensi 2,7 x 2,65</p>  <p>2. Apartemen Cosmopolis Surabaya. Luas kamar tidur , 10,5m², dengan dimensi 3,5 x 3</p> 	<p>Berdasarkan literatur dan preseden apartemen di samping maka dimensi kamar tidur utama di tetapkan ukuran dimensi yang paling maksimal, untuk kenyamanan 3,5m x 3m.</p>

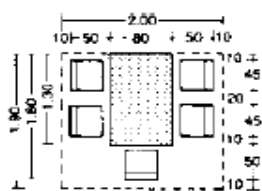
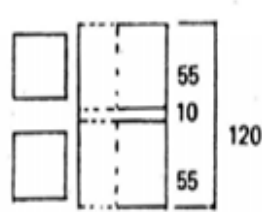
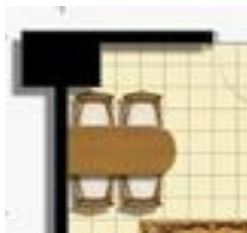

3. Kamar tidur Anak

Tabel 4.4. Analisa dimensi kamar tidur anak

Ruang	Standart (Literatur)	Apartemen	Kesimpulan
K. Tidur anak	<p>1. Ernst Neufert, Data Arsitek, edisi ke 3. standart luas kamar tidur 8,7m², dengan dimensi 3 x 2,9</p>  <p>2. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, standart luas ruang tidur : 9m². Dengan dimensi 3 x 2,4</p> 	<p>1. Apartemen Puri Mas Surabaya , luas kamar tidur 6,21m², dengan dimensi 2,7 x 2,3</p>  <p>2. Apartemen Cosmopolis surabaya , luas kamar tidur 6,21m², dengan dimensi 2,7 x 2,3</p> 	<p>Berdasarkan literatur dan preseden apartemen di samping maka dimensi kamar tidur anak yang paling maksimal yaitu 3 x 2,9. pemilihan ini juga mempertimbangkan kenyamanan apabila kamar lebih besar dan luas di bandingkan ukuran yang lebih kecil</p>

4. Ruang Makan

Tabel 4.5. Analisa dimensi ruang makan

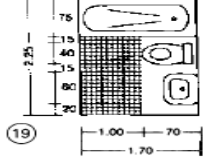


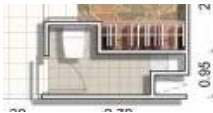
Ruang	Standart (Literatur)	Apartemen	Kesimpulan
R. Makan	<p>1. Ernst Neufert, Data Arsitek, edisi ke 3. standart luas ruang makan 3,8m², dengan dimensi 2 x 1,9</p>  <p>2. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, standart luas ruang makan : 3m². Dengan dimensi 2 x 1,5</p> 	<p>1. Apartemen Cosmopolis Surabaya, luas kamar tidur 4,84m², dengan dimensi 2,2x 2,2</p>  <p>2. Apartemen Puri Mas Surabaya, luas kamar tidur 2,775m², dengan dimensi 1,85 x 1,5</p> 	<p>Berdasarkan literatur dan preseden apartemen di samping maka dimensi ruang makan yang paling maksimal yaitu 2 x 1,9. pemilihan ini juga mempertimbangkan kenyamanan apabila ruang tamu lebih besar dan luas di bandingkan ukuran yang lebih kecil .</p>

Tabel 4.6. Analisa dimensi dapur

58

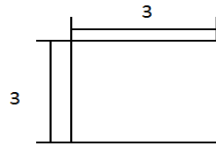
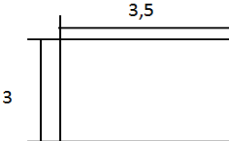
6. KM/WC

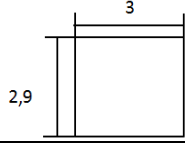
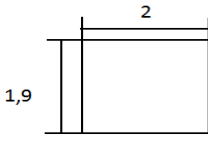
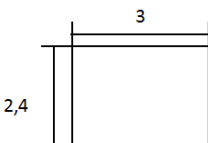
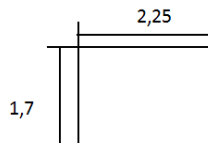
Tabel 4.7. Analisa dimensi KM/WC

Ruang	Standart (Literatur)	Apartemen	Kesimpulan
KM/WC	<p>1. Ernst Neufert, Data Arsitek, edisi ke 3. standart luas ruang KM/WC 3,8m², dengan dimensi 2,25 x 1,7</p>  <p>2. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 306/KPTS/1989, standart luas ruang makan : 3m². Dengan dimensi 1,5 x 2</p> 	<p>1. Apartemen Cosmopolis surabaya , luas kamar tidur 2,55m², dengan dimensi 1,7 x 1,5</p>  <p>2. Apartemen puri mas surabaya , luas kamar tidur 2,7m², dengan dimensi 2,7 x 1</p> 	<p>Berdasarkan literatur dan preseden apartemen di samping maka dimensi KM/WC yang paling maksimal yaitu 2,25 x 1,7.</p>

Dari hasil analisa tersebut, maka dimensi ruang minimum yang sesuai untuk digunakan pada *base case open building*, yaitu dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.8. Hasil analisa dimensi ruang pada apartemen

No	Ruang	Dimensi ruang
1	Ruang tamu	<p>3 x 3</p> 
2	Kamar tidur utama	<p>3,5 x 3</p> 

No	Ruang	Dimensi ruang
3	Kamar tidur anak	3 x 2,9 
4	R. Makan	2 x 1,9 
5	Dapur	3 x 1,2 
6	KM/WC	2,25 x 1,7 

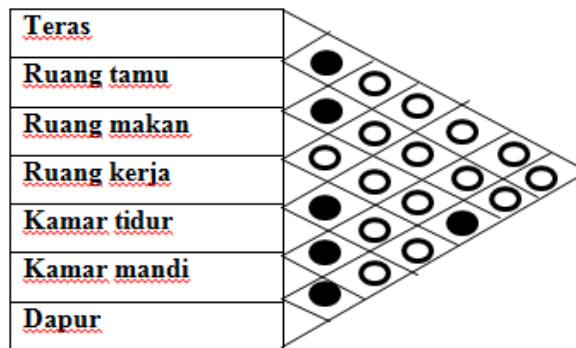
Dimensi ruang diatas ditetapkan sebagai dimensi minimum untuk *base case open building*, mengingat luasan unit pada *base case* cukup luas sehingga setiap ruang dapat bertambah lebih besar dari dimensi yang ada, kecuali dapur dan kamar mandi / WC. Penetapan dimensi pada simulasi berdasarkan modul struktur yang ada, dimensi ruang setelah di terapkan pada *base case*, yaitu :

Tabel 4.9. Dimensi Ruang

No	Ruang	Dimensi
1	Ruang tidur utama	3,9 x 3,6
2	Ruang tidur anak	3,6 x 3,5
3	Ruang tamu	3,6 x 3,5 3,9 x 3,7
4	Ruang makan	3,6 x 3,5

4.1.2. Analisa Hubungan ruang

Analisa hubungan ruang pada apartemen berdasarkan pada studi literatur, bagaimana kedekatan antara satu ruang dengan ruang lainnya, dan bagaimana pola penataan ruang pada apartemen di Surabaya.



Gambar 4.1. Hubungan ruang


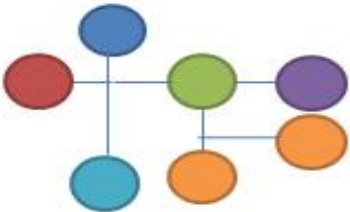

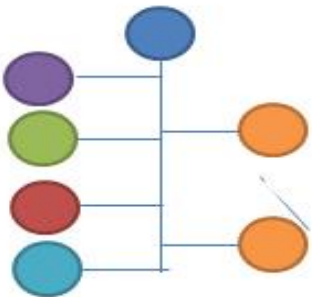


Berdasarkan gambar 4.1, menunjukkan lingkaran hitam merupakan hubungan langsung antara satu ruang dengan ruang lainnya, sedangkan lingkaran putih menunjukkan hubungan tidak langsung. Dari diagram diatas, dapat dijabarkan kedekatan langsung antar ruang sebagai berikut :

1. Hubungan langsung : Teras – ruang tamu, ruang tamu – ruang makan, ruang kerja – kamar tidur, kamar tidur – kamar mandi, kamar mandi – dapur, serta ruang makan – dapur.
2. Ruang – ruang yang tidak berhubungan langsung, yaitu : Teras – ruang makan, teras – ruang kerja, teras – kamar tidur, teras – kamar mandi, teras dapur, ruang tamu – ruang kerja, ruang tamu – kamar tidur, ruang tamu – kamar mandi, ruang tamu – dapur, ruang makan – ruang kerja, ruang makan – kamar tidur, ruang makan – kamar mandi, ruang kerja – kamar mandi, ruang kerja – dapur, kamar tidur – dapur.


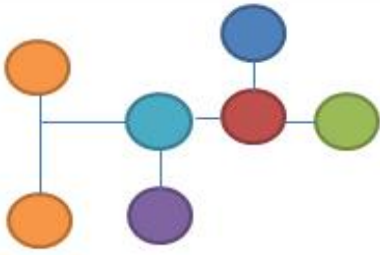

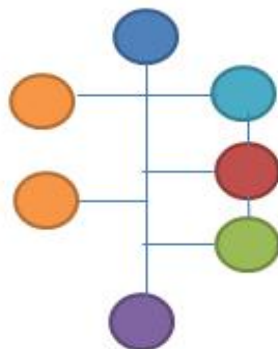

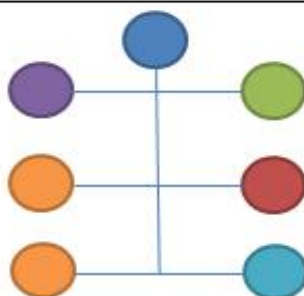
Selain analisa hubungan ruang berdasarkan diagram diatas, juga dilakukan berdasarkan pola sirkulasi ruang pada apartemen yang ada di Indonesia. Pola hubungan ruang pada apartemen yang dikaji berdasarkan jumlah kamar tidur, untuk melihat bagaimana penataan pola hubungan ruang untuk apartemen dua kamar tidur

dan tiga kamar tidur. Pola hubungan ruang dapat dilihat pada tabel 4.10. Berdasarkan pola hubungan ruang tersebut, terlihat bahwa pola sirkulasi pada apartemen memiliki pola yang hampir sama. Pola sirkulasi ruang, menunjukkan hubungan antar ruang pada preseden apartemen 2 kamar tidur di Indonesia. Pola sirkulasi yang dipilih yaitu berdasarkan preseden apartemen 2 kamar tidur di Surabaya, yaitu: apartemen Sentra Timur, apartemen Green Pramuka, apartemen Gunawangsa Merr, dan apartemen Puncak Kertajaya.

Tabel 4.10. Tabel Pola hubungan ruang pada apartemen dua kamar tidur

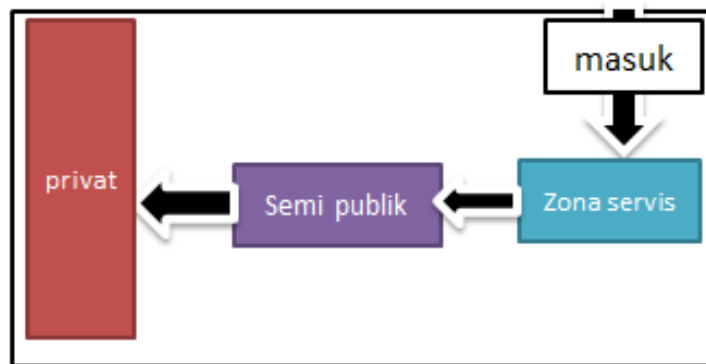
Preseden Apartemen	Denah apartemen	Pola <u>hubungan ruang</u>
Apartemen Cosmopolis		
Apartemen Sentra Timur		
Apartemen Green Pramuka		

- pintu ● r. tamu
- r. Makan ● KM/WC
- dapur
- K. Tidur

Preseden Apartemen	Denah apartemen	Pola hubungan ruang
Apartemen Newton		
Apartemen Gunawangsa Merr		
Apartemen puncak kertajaya		

- pintu ● r. tamu
- r. Makan ● KM/WC
- dapur
- K. Tidur

Tabel 4.10, menunjukkan bahwa pola hubungan ruang ini berupa pola satu arah yang sederhana, dengan bentukan denah memanjang dari depan ke belakang, dan untuk mencapai kamar tidur, penghuni harus melewati dapur, ruang makan, atau ruang tamu, namun ada pula pola sirkulasi yang terhubung langsung dari pintu masuk ke kamar tidur misalnya pada apartemen Gunawangsa Merr. Sementara itu pola sirkulasi pada apartemen Cosmopolis dan apartemen Newton, memiliki pola sirkulasi yang lebih menyebar, disebabkan bentukan denah apartemen memanjang ke samping, dan untuk mencapai kamar tidur harus melewati ruang lainnya seperti dapur, atau ruang makan. Berdasarkan analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam menentukan penataan *layout* ruang pada apartemen berdasarkan kriteria pola hubungan ruang, sirkulasi dan zona ruang maka penataan *layout* ruang pada unit hunian selalu dimulai dari zona servis, semi publik, kemudian zona privat, misalnya : untuk mencapai kamar tidur yang merupakan zona privat, harus melalui zona servis dan semi publik seperti dapur, ruang makan, dan ruang tamu, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.2.


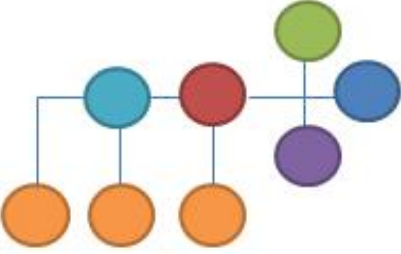






Gambar 4.2. Pola ruang berdasarkan zoning


Pola hubungan ruang berdasarkan apartemen 3 kamar tidur dapat dilihat pada tabel 4.11. Pola sirkulasi menunjukkan hubungan antar ruang pada preseden apartemen 3 kamar tidur di Indonesia. Pola sirkulasi ruang, menunjukkan hubungan antar ruang pada preseden apartemen 3 kamar tidur di Indonesia. Pola sirkulasi yang dipilih yaitu berdasarkan preseden apartemen 2 kamar tidur di Surabaya, yaitu: Apartemen Bale Hinggil, Apartemen Puncak Kertajaya, Premium the Royal Olive,

Apartemen Puncak Bukit Golf, Apartemen City Resort, Apartemen Puri Orchard, Apartemen gateway, Apartemen Gading Greenhill.


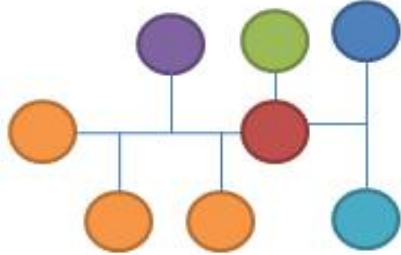

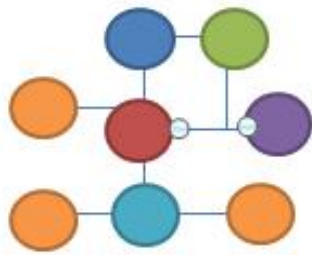


Tabel 4.11. Tabel pola hubungan ruang pada apartemen tiga kamar tidur

Preseden Apartemen	Denah apartemen	Pola hubungan ruang
Apartemen Bale hinggil		
Apartemen puncak kertajaya		
Apartemen premium the royal olive		

- pintu
- r. Makan
- dapur
- K. Tidur
- r. tamu
- KM/WC

Preseden Apartemen	Denah apartemen	Pola hubungan ruang
Apartemen puncak bukit golf		
Apartemen City resort		
Apartemen puri orchard		

- pintu
- r. Makan
- dapur
- K. Tidur
- r. tamu
- KM/WC

Preseden Apartemen	Denah apartemen	Pola hubungan ruang
Apartemen puncak bukit golf		
Apartemen Gateway		
Apartemen Gading Greenhill		

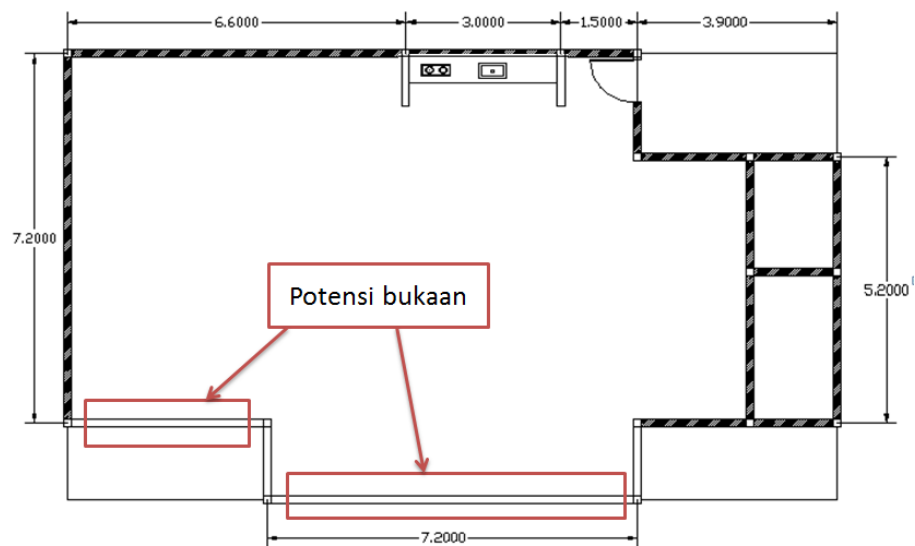
- pintu
- r. Makan
- dapur
- K. Tidur
- r. tamu
- KM/WC

Pola ini berupa pola satu arah yang sederhana, dengan bentukan denah memanjang dan untuk mencapai kamar tidur, penghuni harus melewati dapur, ruang makan, atau ruang tamu, namun ada pula pola sirkulasi yang terhubung langsung dari pintu masuk ke kamar tidur misalnya pada apartemen Puncak Kertajaya. Sementara itu pola sirkulasi pada apartemen Premium the Royal Olive, apartemen

Puncak Golf, apartemen City Resort, apartemen Puri Orchard, apartemen Gateway, dan apartemen Gading *Greenhill*, memiliki pola sirkulasi yang lebih menyebar, disebabkan bentuk denah apartemen memanjang ke samping, dan untuk mencapai kamar tidur harus melewati ruang lainnya seperti dapur, atau ruang makan. Berdasarkan analisa tersebut, dapat disimpulkan bahwa dalam menentukan penataan *layout* ruang pada apartemen berdasarkan kriteria pola hubungan ruang, sirkulasi dan zona ruang maka penataan *layout* ruang pada unit hunian selalu dimulai dari zona servis, semi publik, dan zona privat, misalnya : untuk mencapai kamar tidur yang merupakan zona privat, harus melalui zona servis dan semi publik seperti dapur, ruang makan, dan ruang tamu.

4.2. Analisa pola variasi *layout*

Pola variasi *layout* pada apartemen berkonsep *open building*, didasarkan pada kriteria pola hubungan ruang, sirkulasi dan zona ruang. Posisi bukaan pada apartemen, terletak pada satu sisi hunian, sehingga pada *base case open building* memiliki potensi bukaan hanya pada sisi depan. Penetapan *layout* ruang juga didasarkan pada kriteria ruang yang paling membutuhkan cahaya, untuk ditempatkan pada area yang memiliki potensi bukaan.

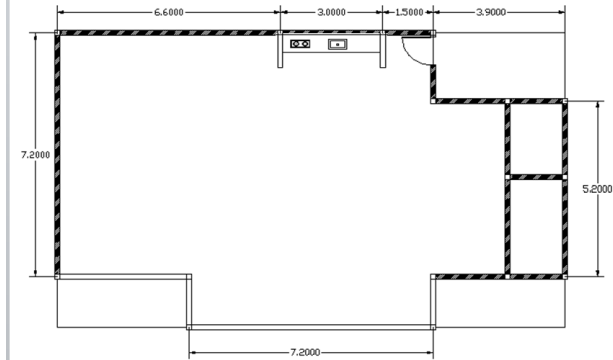
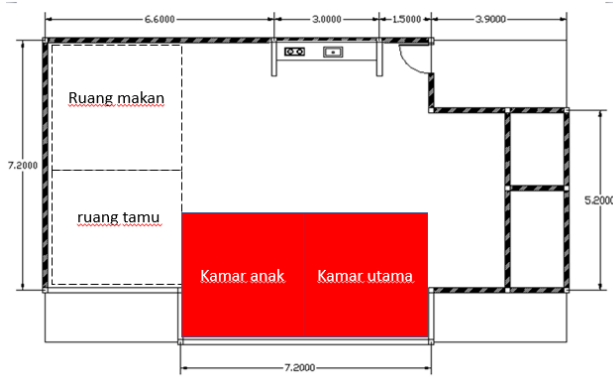
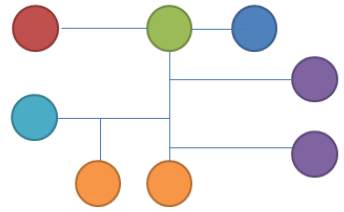


Gbr 4.3. Potensi bukaan pada *open building*

Berdasarkan kebutuhan cahaya alami, ruang tidur dan ruang tamu merupakan ruang yang membutuhkan cahaya alami yang cukup sepanjang pagi hingga sore hari, karena cahaya alami dapat memberi kesan hangat dan ceria, baik untuk kesehatan, berfungsi sebagai penanda waktu, dan memberi visualisasi yang baik bagi penghuni dalam melakukan aktivitas di kamar atau di ruang tamu.

Apartemen berkonsep *open building* memungkinkan terjadi penambahan ruang pada unit hunian dikarenakan penambahan anggota keluarga. Oleh karena itu apartemen dengan dua kamar tidur, serta apartemen dengan tiga kamar tidur, memiliki kebutuhan ruang serta luasan yang berbeda. Pada konsep *open building*, memungkinkan untuk terjadinya penambahan ruang serta perubahan ruang sesuai kebutuhan penghuni.

Tabel 4.12. Analisa pola variasi *layout* 2 kamar tidur

Variasi	Layout	Pola Hubungan ruang
Denah eksisting		
Variasi A1		

<p>Variasi A2 ✓</p>		
<p>Variasi A3 ✓</p>		
<p>Variasi A4</p>		
<p>Variasi A5</p>		

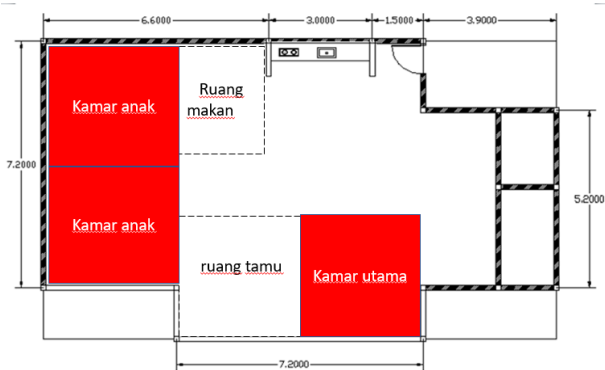
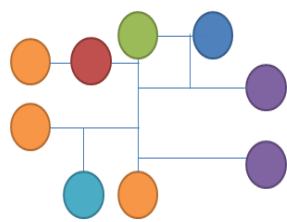
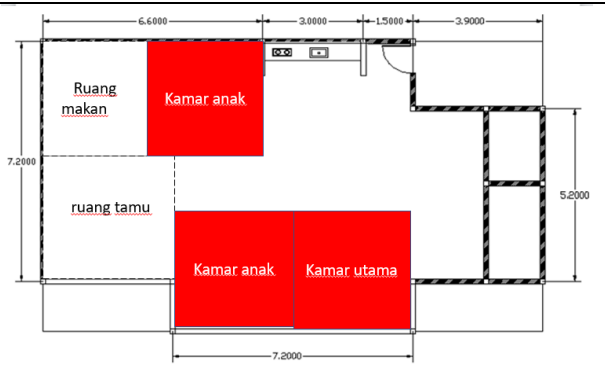
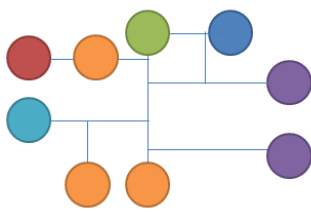
Terdapat 5 pola variasi *layout* pada analisa variasi *layout* dua kamar tidur, dengan pola hubungan ruang masing – masing, namun tidak semua dipakai dalam simulasi, karena masing – masing pola akan dievaluasi berdasarkan kriteria hubungan ruang, dan kebutuhan cahaya. Pola *layout* yang memenuhi kedua kriteria tersebut yang akan di pakai pada simulasi pencahayaan alami.

- Pada variasi A1, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimana tatanan ruangnya yaitu; pintu masuk, dapur, kamar tidur, lalu ruang tamu dan ruang makan, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya, pola *layout* ini memenuhi kriteria, namun tidak akan digunakan dalam simulasi karena belum memenuhi kedua kriteria.
- Pola variasi A2, pola *layout* memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimana tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur dan ruang tamu. Oleh karena itu, pola ini akan digunakan pada simulasi.
- Pola variasi A3, pola *layout* memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimana tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang makan, kamar tidur, ruang makan, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur dan ruang tamu. Sehingga, pola ini dapat digunakan pada simulasi.
- Pola variasi A4, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimana tatanan ruangnya yaitu ; pintu masuk, dapur, ruang tamu, kamar tidur dan ruang makan, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya, pola *layout* ini memenuhi kriteria, namun tidak akan di gunakan dalam simulasi karena belum memenuhi kedua kriteria.
- Pola variasi A5, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimanatatanan ruangnya yaitu; pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan dan kamar tidur, namun untuk kriteria kebutuhan cahaya, pola *layout* ini belum memenuhi kriteria, sehingga variasi ini tidak akan di gunakan dalam simulasi.

Kemungkinan terjadi penambahan anggota keluarga, sehingga memungkinkan terjadinya penambahan kebutuhan ruang berupa kamar tidur, oleh karena itu asumsi bahwa pada unit yang sama dengan tiga kamar tidur, ditetapkan pada analisa berikut.

Tabel 4.13. Analisa pola variasi *layout* 3 kamar tidur

Variasi	Polavariasi	
Variasi B1		
Variasi B2 ✓		
Variasi B3 ✓		

Variasi B4		
Variasi B5		

Dari analisa pola variasi *layout* tiga kamar tidur, terdapat 5 pola variasi *layout* dengan pola hubungan ruang masing – masing, namun tidak semua pola *layout* di pakai dalam simulasi, karena masing – masing pola akan di evaluasi berdasarkan kriteria pola hubungan ruang, dan kebutuhan cahaya. Pola *layout* yang memenuhi kedua kriteria tersebut yang akan di pakai pada simulasi pencahayaan alami seperti pada pola variasi 2 kamar tidur.

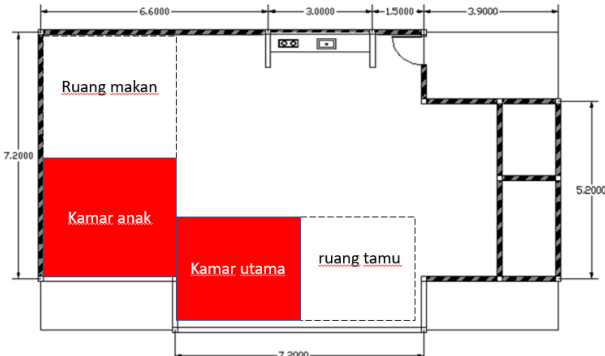
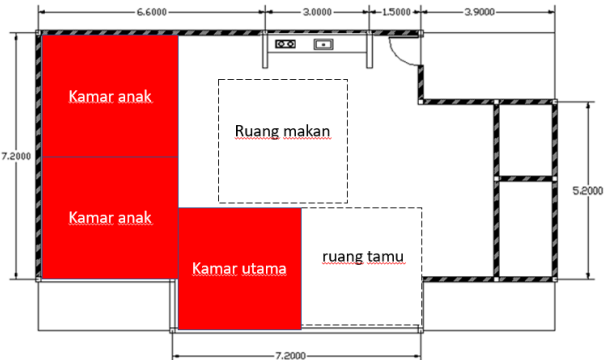
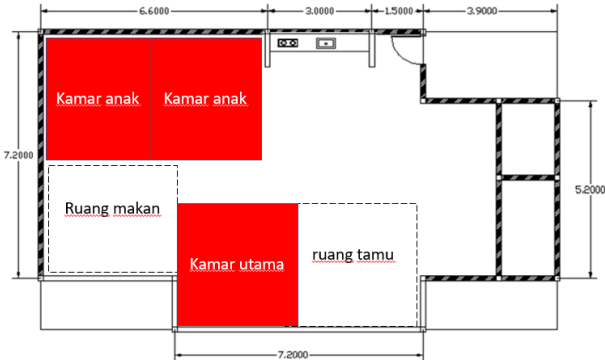
- Pada variasi B1, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang. Tata letak ruang pada variasi B1 yaitu; pintu masuk, dapur, ruang makan, kamar tidur, lalu ruang tamu, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya belum memenuhi kriteria, sehingga pola ini tidak dapat di gunakan pada simulasi.
- Pola variasi B2, pola *layout* memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dimana tata letak ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur dan ruang tamu. Oleh karena itu, pola ini akan digunakan pada simulasi.

- Pola variasi B3, pola *layout* memenuhi kriteria pola hubungan ruang, dengan tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, kamar tidur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur anak, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur dan ruang tamu. Oleh karena itu, pola ini akan digunakan pada simulasi.
- Pada variasi B4, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang. Tatanan ruang pada variasi ini yaitu; pintu masuk, dapur, ruang tamu, kamar tidur, lalu ruang makan, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya, pola *layout* belum memenuhi kriteria, sehingga pola ini tidak dapat di gunakan pada simulasi.
- Pada variasi B3, pola *layout* belum memenuhi kriteria pola hubungan ruang. Tatanan ruang pada variasi ini yaitu; pintu masuk, dapur, kamar tidur, ruang tamu, lalu ruang makan, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya, pola *layout* memenuhi kriteria, namun tidak dapat digunakan pada simulasi karena belum memenuhi ke dua kriteria.

Dari hasil analisa diatas, maka didapatkan 4 variasi *layout*, untuk dimodelkan dan disimulasikan. Variasi *layout* terdiri dari 2 variasi *layout* dengan 2 kamar tidur dan 2 variasi *layout* 3 kamar tidur, seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.14. Hasil analisa variasi *layout* 2 kamar tidur dan 3 kamar tidur

Variasi	Polavariasi
<p>Variasi A2 :</p> <p>Pada variasi A2, tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur utama dan ruang tamu.</p>	

<p>Variasi A3, tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang makan, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur utama dan ruang tamu.</p>	
<p>Variasi B2, tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang makan, ruang tamu, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur utama dan ruang tamu.</p>	
<p>Variasi B3, tatanan ruangnya yaitu, pintu masuk, dapur, ruang makan, ruang tamu, dan kamar tidur, sedangkan untuk kriteria kebutuhan cahaya memenuhi kriteria untuk kamar tidur utama dan ruang tamu.</p>	

4.3. Analisa Posisi Bidang Transparan

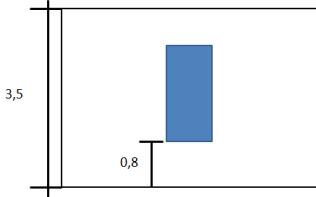


Berdasarkan peraturan Depkes RI tahun 2006, luas bidang transparan yang baik adalah 10-20% dari luas lantai, apabila luasnya lebih besar dari 20% dapat menimbulkan kesilauan dan panas, sedangkan apabila lebih kecil dari 10% dapat menyebabkan gelap dan pengap. Untuk itu luas bidang transparan ditetapkan sebesar 20% dari luas lantai.

Posisi bidang transparan dapat berpengaruh terhadap distribusi dan iluminasi pada ruang. Bentuk bidang transparan yang baik untuk memasukan cahaya yaitu

horizontal, bidang transparan yang melebar secara horizontal dapat memberikan keseragaman iluminasi didalam ruang, semakin tinggi bidang dapat menghantarkan cahaya semakin jauh kedalam, namun kondisi ini tidak memungkinkan penghuni untuk mendapatkan *view* yang baik ke luar bangunan saat berdiri atau duduk. Oleh karena itu, bidang transparan horizontal tidak dapat digunakan pada simulasi, karena dapat membatasi pandangan penghuni ke luar bangunan. Sedangkan bentuk bidang transparan vertikal, merupakan bentuk yang tepat untuk memasukkan cahaya alami serta *view* bagi penghuni, baik yang berada dalam kondisi duduk atau berdiri.

Penetapan bentuk bidang transparan pada fasad didasarkan pada bentuk umum bidang transparan pada apartemen, yaitu persegi panjang. Posisi bidang transparan vertikal, dibagi dalam 3 model yaitu 1 bidang transparan, 2 bidang transparan, dan 3 bidang transparan, masing – masing dengan WFR 20%. Ketiga model bidang transparan kemudian dikombinasikan dengan variasi *layout*, untuk kemudian disimulasikan.

Tabel 4.15. Analisa posisi bidang transparan

Bentuk bidang transparan	Gambar
Vertikal : 1 bidang transparan	
2 bidang transparan	
3 bidang transparan	

Ketiga posisi bidang transparan pada fasad diatas diberi label x,y,z, dimana penamaan ini untuk mempermudah dalam melakukan kombinasi dengan variasi *layout*. Kombinasi *layout* dan posisi bidang transparan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Variasi Layout	Posisi bidang transparan	Hasil
A2	X Y Z	A2X,A2Y, A2Z
A3		A3X,A3Y,A3Z
B2		B2X,B2Y,B2Z
B3		B3X,B3Y,B3Z

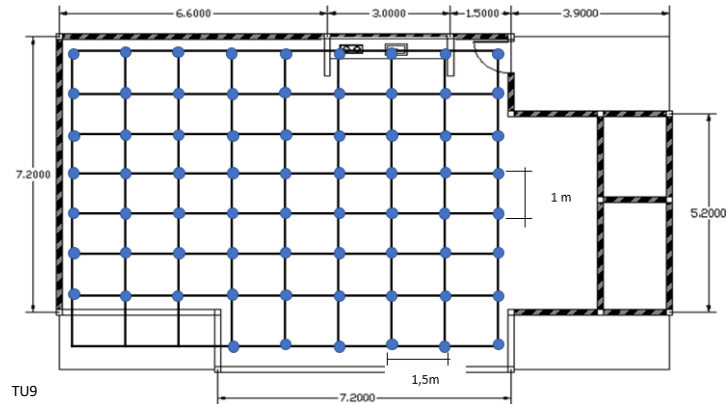
Gambar 4.4. Kombinasi variasi *layout* dan posisi bidang transparan pada fasad

Berdasarkan hasil kombinasi tersebut didapatkan hasil variasi *layout* dan posisi bukaan sebanyak dua belas kombinasi, dimana kombinasi untuk variasi A2 sebanyak 3 kombinasi, yaitu A2x, A2y, A2z. Kombinasi untuk variasi A3 sebanyak 3 kombinasi yaitu A3x,A3y,A3z. Kombinasi untuk variasi B2 sebanyak 3 kombinasi yaitu B2x, B2y, B2z, dan kombinasi untuk variasi B4 sebanyak 3 kombinasi yaitu B4x, B4y, dan B4z. Kombinasi ini kemudian akan disimulasikan untuk melihat bagaimana kinerja pencahayaan alami pada ke dua belas model tersebut.

4.4. Analisa hasil simulasi

Simulasi dilakukan untuk mengetahui kinerja *daylight* dalam bangunan. Dari proses simulasi yang dilakukan, menghasilkan data – data absolute iluminan dan pola distribusi *daylight* didalam bangunan. Nilai iluminan, menunjukkan kuantitas pencahayaan alami yang dihasilkan dari setiap variasi. Analisa kuat cahaya alami dalam ruang yang dihasilkan oleh variasi *layout* dan posisi bidang transparan, dilakukan dengan membandingkan data iluminan yang dihasilkan setiap variasi dengan hasil simulasi pada *base case* dan standar pencahayaan alami dalam ruang. Distribusi iluminan pada setiap variasi akan dibandingkan dengan standar iluminan, dan untuk mengetahui berapa persen dari ruangan yang sesuai standar, dan berapa persen yang belum sesuai standar. Distribusi iluminan di analisa berdasarkan tanggal simulasi, pada masing – masing variasi dan masing – masing posisi bidang

transparan, kemudian dibandingkan dengan *base case*. Titik ukur pada denah ruang, dibagi menjadi 9 titik yang berjarak 1,5 m dari dinding yang berada pada sisi dekat bidang transparan, dan 8 titik yang berjarak 1m dari bidang transparan, seperti yang di tunjukkan pada gambar 4.5.



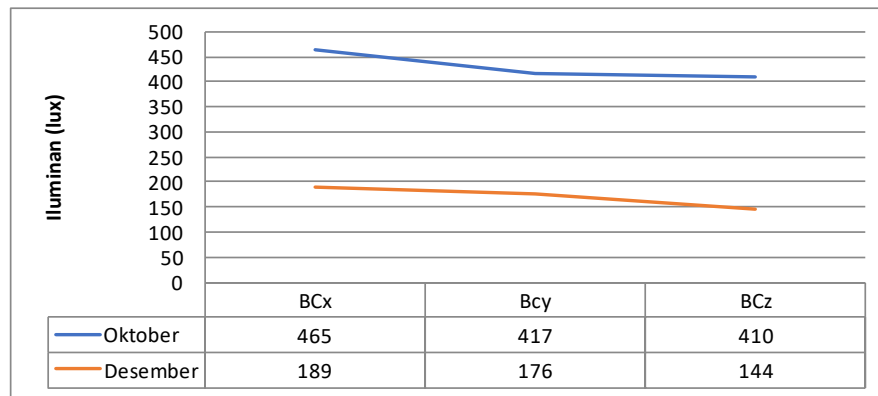
Gambar 4.5. Posisi titik ukur pada *layout*

Posisi titik ukur secara berurutan dari kanan ke kiri, diberi notasi 1 – 9 sedangkan posisi titik ukur dari bidang transparan hingga ke belakang diberi notasi berdasarkan jarak dari bidang transparan yang di mulai dari titik 0 – 8 meter dari bidang transparan.

4.4.1. Hasil simulasi *Base case*

1. Absolute Iluminan

Hasil simulasi rata – rata iluminan pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda, menunjukkan terjadi penurunan iluminasi pada BCx, BCy, BCz dengan penurunan yang paling besar yaitu pada simulasi bulan Oktober, yaitu hingga 55 lux antara kondisi BCx dan BCz. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Grafik rata – rata iluminasi pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda

Berdasarkan grafik diatas, diketahui rata – rata iluminan pada *base case* dengan kondisi bidang transparan x, y, dan z pada simulasi bulan Oktober memiliki nilai iluminan yang lebih tinggi dibandingkan bulan Desember, hal ini disebabkan kondisi langit pada bulan Oktober lebih terang dibandingkan pada bulan Desember, dimana kondisi langit berupa langit mendung.

Nilai iluminan tertinggi pada *base case x* yaitu 4024 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 95 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 35% dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 65.

Tabel 4.16. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case x* bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	361	717	457	306	239	196	155	131	115
TU 2	4024	1512	709	399	291	204	175	130	95
TU 3	344	840	632	436	319	244	202	170	163
TU 4	352	825	638	434	325	256	180	158	173
TU 5	4008	1495	739	458	356	275	230	204	168
TU 6	365	746	638	552	408	305	242	209	208
TU 7			516	683	519	394	277	225	209
TU 8			3785	1494	695	429	297	229	205
TU 9			301	628	519	376	266	211	179
rata-rata	1575.7	1022.5	935	598.9	407.9	297.7	224.9	185.2	168.3

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Nilai iluminan tertinggi pada *base case y*, yaitu 1064 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 1 meter dari bidang transparan, dan terendah 79 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Untuk area yang memenuhi standar yaitu sebesar 41% dan yang tidak memenuhi standar 59%.

Tabel 4.17. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case y* bulan oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	963	898	394	253	205	158	128	107	106
TU 2	590	1042	572	361	240	188	152	130	79
TU 3	750	1021	631	399	291	205	184	144	133
TU 4	763	980	673	386	273	229	171	147	137
TU 5	688	1064	607	426	317	284	205	173	154
TU 6	974	902	674	553	374	248	196	167	178
TU 7			769	876	523	326	234	183	174
TU 8			569	895	521	318	253	183	153
TU 9			704	792	441	283	205	154	129
rata-rata	788.0	984.5	621.4	549.0	353.9	248.8	192.0	154.2	138.1

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Base case z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 2897 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 79 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 39% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 61%.

Tabel 4.18. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case z* bulan oktober

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	888	802	427	253	197	163	136	101	102
TU 2	2874	1063	581	303	226	193	150	122	79
TU 3	685	892	514	371	271	202	152	164	140
TU 4	707	897	562	359	266	206	181	143	131
TU 5	2897	1126	601	383	311	236	164	162	140
TU 6	911	799	649	479	374	251	198	182	174

TU 7			666	794	479	329	251	193	173
TU 8			2087	997	517	354	251	194	161
TU 9			653	744	432	273	215	163	145
rata-rata	1493.7	929.8	748.9	520.3	341.4	245.2	188.7	158.2	138.3

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Namun pada simulasi bulan Desember, kondisi penerangan alami lebih rendah dibandingkan pada bulan Oktober. Nilai iluminan tertinggi pada *base case x* yaitu 1303 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 54 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.19. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case x* bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	200	300	187	143	123	107	91	74	68
TU 2	1292	446	242	177	143	119	101	82	54
TU 3	175	281	238	190	156	134	116	101	93
TU 4	179	284	245	196	162	139	116	100	95
TU 5	1303	470	265	213	173	149	123	118	103
TU 6	198	292	261	225	192	156	139	123	112
TU 7			244	322	236	186	149	128	118
TU 8			1294	446	250	186	152	127	114
TU 9			166	259	211	163	135	116	106
rata-rata	557.8	345.5	349.1	241.2	182.9	148.8	124.7	107.7	95.9

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Pada *base case y* nilai iluminan tertinggi yaitu 403 lux pada titik ukur 1 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 52 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.20. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case* y bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	403	315	168	128	108	92	81	67	61
TU 2	272	346	222	163	129	105	92	74	52
TU 3	313	343	243	183	147	120	100	91	85
TU 4	341	352	244	184	152	125	108	94	84
TU 5	273	362	243	200	164	133	114	102	91
TU 6	357	315	277	231	180	147	122	110	103
TU 7			321	312	214	166	147	112	107
TU 8			307	315	227	163	134	109	100
TU 9			301	281	202	152	120	96	88
Rata-rata	326.5	338.8	258.4	221.9	169.2	133.7	113.1	95.0	85.7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi

 : titik dengan Iluminan terendah

 : titik yang memenuhi standart

Base case z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 924 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 36 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.21. Nilai iluminan pada titik ukur pada *base case z* bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	349	245	138	100	83	69	60	52	43
TU 2	913	314	174	128	97	73	65	58	36
TU 3	252	283	187	138	100	91	67	62	61
TU 4	273	270	183	136	114	93	75	64	62
TU 5	924	324	192	156	119	99	75	75	61
TU 6	300	244	222	169	134	109	84	75	71
TU 7			249	234	162	120	100	81	76
TU 8			673	327	183	123	95	77	72
TU 9			235	231	141	108	85	71	63
rata-rata	501.8	280	250.3	179.9	125.9	98.3	78.4	68.3	60.6

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi

 : titik dengan Iluminan terendah

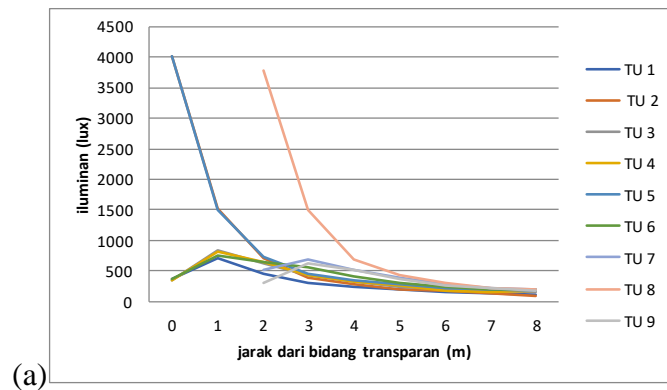
 : titik yang memenuhi standart

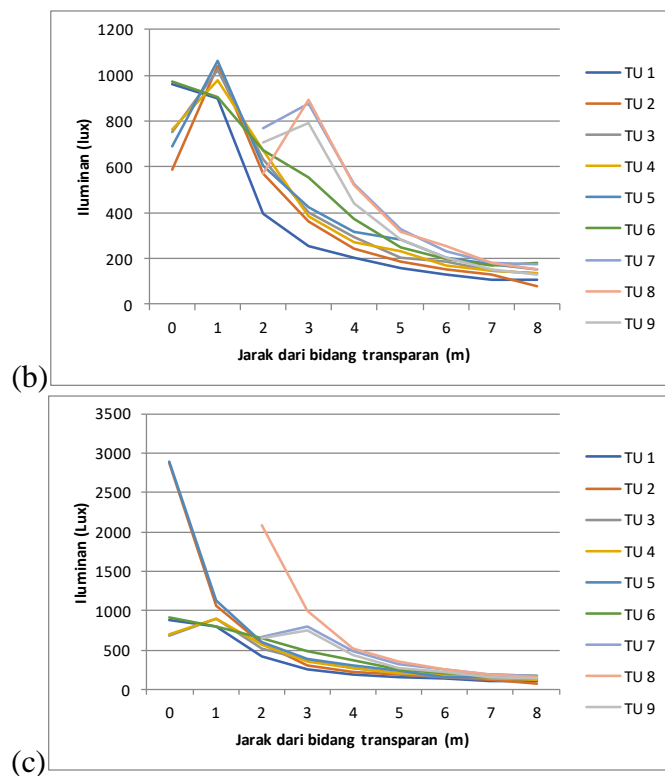
Berdasarkan tabel 4.21. pada kondisi bidang transparan x, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 52% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 48%. Sementara itu pada kondisi bidang transparan y, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 40% dan yang tidak sesuai standar sebesar 60%. Sedangkan pada kondisi bidang transparan z, area yang sesuai standar yaitu sebesar 31% pada tanggal 15 Desember, dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 69%.

Pada kondisi langit mendung, presentase area yang memenuhi standar lebih besar, dibandingkan pada bulan Oktober dengan kondisi langit terang. Hal ini dikarenakan pada bulan Oktober kondisi cahaya alami lebih banyak, dengan waktu penyinaran yang panjang, sehingga potensi terjadi *overbright* dalam ruang lebih besar, dan mengakibatkan tingkat iluminan lebih tinggi didalam ruangan dibandingkan pada kondisi langit *intermediate*.

2. Distriusi Iluminan

Distribusi iluminan pada *base case* dengan kondisi bidang transparan x,y,dan z, pada tanggal 15 Oktober dapat dilihat pada gambar 4.6.

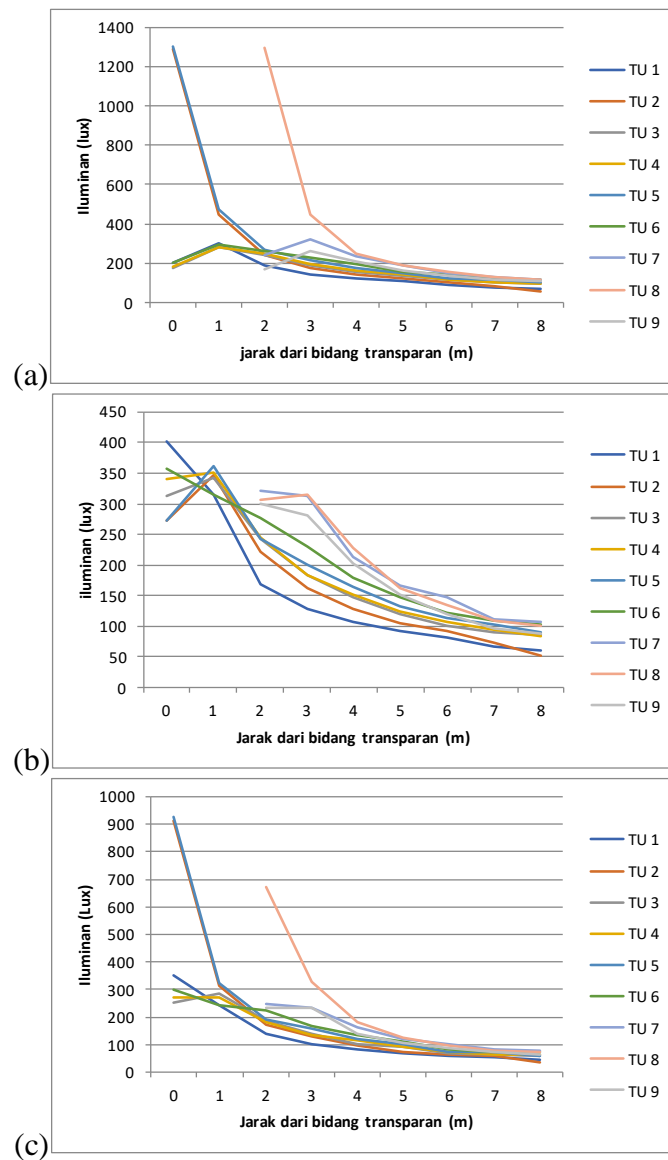




Gambar 4.7. Grafik isokontur distribusi iluminan *base case* tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Grafik isokontur diatas, menunjukkan distribusi iluminan pada *base case* dengan kondisi bidang transparan y memiliki distribusi yang lebih landai pada titik ukur samping sehingga dapat mengurangi silau, hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan Lechner (2009), yaitu bukaan yang tersebar pada satu dinding dapat mengurangi silau dibandingkan dengan bukaan yang terkonsentrasi pada satu posisi.

Distribusi iluminan pada pada *base case* tanggal 15 Desember, di jabarkan pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik isokontur distribusi iluminan *base case* tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

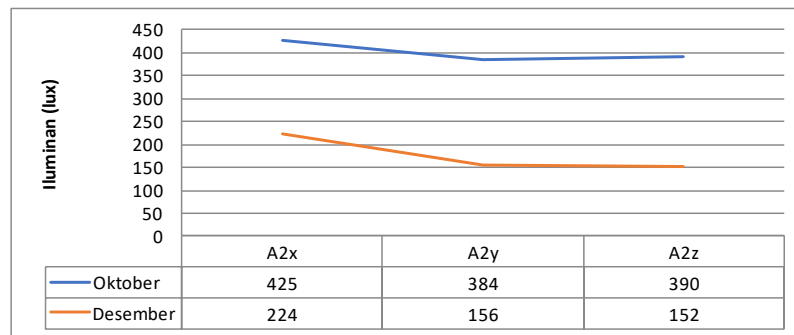
Hasil simulasi bulan Desember (gambar 4.8) menunjukkan distribusi iluminan pada *base case* jauh berbeda dengan bulan Oktober. Pada kondisi bidang transparan y memiliki distribusi yang lebih merata pada titik ukur samping sehingga dapat mengurangi silau. Hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan Lechner (2009), bukaan yang tersebar pada satu dinding dapat mengurangi silau.

4.4.2. Hasil Simulasi Variasi Layout dan bidang transparan

4.4.2.1. Variasi A2

1. Absolute Iluminan

Hasil simulasi rata – rata iluminan pada variasi A2 dengan kondisi bidang transparan yang berbeda, menunjukkan terjadi penurunan iluminasi pada A2x, A2y, A2z dengan penurunan yang paling besar yaitu pada simulasi bulan Desember, yaitu hingga 72 lux antara kondisi A2x dan A2z. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Grafik rata – rata iluminasi pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda

Berdasarkan grafik diatas, diketahui rata – rata iluminan pada variasi A2 dengan kondisi bidang transparan x, y, dan z pada simulasi bulan Oktober memiliki nilai iluminan yang lebih tinggi dibandingkan bulan Desember, hal ini disebabkan kondisi langit pada bulan Oktober lebih terang dibandingkan pada bulan Desember, dimana kondisi langit berupa langit mendung.

Nilai iluminan tertinggi pada A2x yaitu 4001 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 7 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 27% dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 73%.

Tabel 4.22. Nilai iluminan pada titik ukur pada A2 x bulan Oktober

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	346	707	453	290	223	173	153	112	111
TU 2	3986	1467	663	382	273	200	157	121	89
TU 3	318	816	617	411	292	219	170	148	147

TU 4	336	827	598	413	292	217	155	136	134
TU 5	4001	1525	708	419	291	211	163	135	103
TU 6	349	750	569	375	263	200	149	121	116
TU 7			400	746	619	507	9	8	7
TU 8			3828	1580	771	615	8	8	7
TU 9			347	706	600	515	8	8	7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Pada A2y nilai iluminan tertinggi yaitu 1051 lux pada titik ukur 2 dengan jarak 1 meter dari bidang transparan, dan terendah 6 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 27%, dan yang tidak memenuhi standart 73%.

Tabel 4.23. Nilai iluminan pada titik ukur pada A2y bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	919	867	386	260	203	150	117	107	94
TU 2	612	1051	352	353	240	179	134	116	84
TU 3	757	940	601	375	248	165	139	120	121
TU 4	740	967	629	389	258	187	138	125	110
TU 5	619	1007	558	373	252	173	142	123	105
TU 6	931	892	489	335	229	154	127	109	108
TU 7			762	938	581	439	8	7	7
TU 8			676	924	609	495	7	7	7
TU 9			773	867	527	426	8	7	6

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

A2z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 2732 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 6 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 25%, dan yang tidak memenuhi standart 75%.

Tabel 4.24. Nilai iluminan pada titik ukur pada A2z bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	893	803	397	259	183	161	130	104	88
TU 2	2692	1105	555	346	223	165	134	110	79
TU 3	662	1063	545	360	235	162	137	135	105
TU 4	672	886	532	356	265	190	144	120	89
TU 5	2732	1186	587	324	234	173	139	111	107
TU 6	883	834	506	304	211	157	118	107	101
TU 7			780	887	621	517	8	7	7
TU 8			2291	1163	683	571	7	7	7
TU 9			805	845	583	502	8	7	6

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi

 : titik dengan Iluminan terendah

 : titik yang memenuhi standart

Namun pada simulasi bulan Desember, kondisi penerangan alami lebih rendah dibandingkan pada bulan Oktober. Nilai iluminan tertinggi pada A2x yaitu 1704 lux pada titik ukur 8 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 5 lux pada titik ukur 7 dan 8 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.25. Nilai iluminan pada titik ukur pada A2x bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	297	437	255	184	150	127	105	86	80
TU 2	1594	566	312	226	168	130	114	90	66
TU 3	199	365	302	232	181	144	121	106	98
TU 4	217	393	301	234	180	146	117	111	98
TU 5	1653	607	327	233	176	136	117	107	75
TU 6	218	341	275	211	164	129	108	89	78
TU 7			445	564	425	371	5	5	5
TU 8			1704	1002	668	428	5	5	5
TU 9			286	422	306	309	8	7	6
rata-rata	696.33	451.5	467.44	367.56	268.67	213.33	77.78	67.33	56.78

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi

 : titik dengan Iluminan terendah

 : titik yang memenuhi standart

Tabel A2y menunjukkan nilai iluminan tertinggi yaitu 391 lux pada titik ukur 1 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 3 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.26. Nilai iluminan pada titik ukur pada A2y bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	391	307	157	118	103	88	75	66	54
TU 2	272	341	212	152	116	92	82	63	45
TU 3	304	330	231	163	128	105	91	75	71
TU 4	333	327	234	168	131	102	84	75	68
TU 5	271	346	219	167	127	96	84	75	55
TU 6	340	304	198	154	132	96	77	70	60
TU 7			360	362	263	216	4	4	3
TU 8			344	383	282	240	4	4	3
TU 9			340	329	254	215	4	4	3
rata - rata	318.5	325.8 33	255	221.7 78	170.6 67	138.8 89	56.11 11	48.44 44	40.22 22

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

A3z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 920 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 3 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.27. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Desember

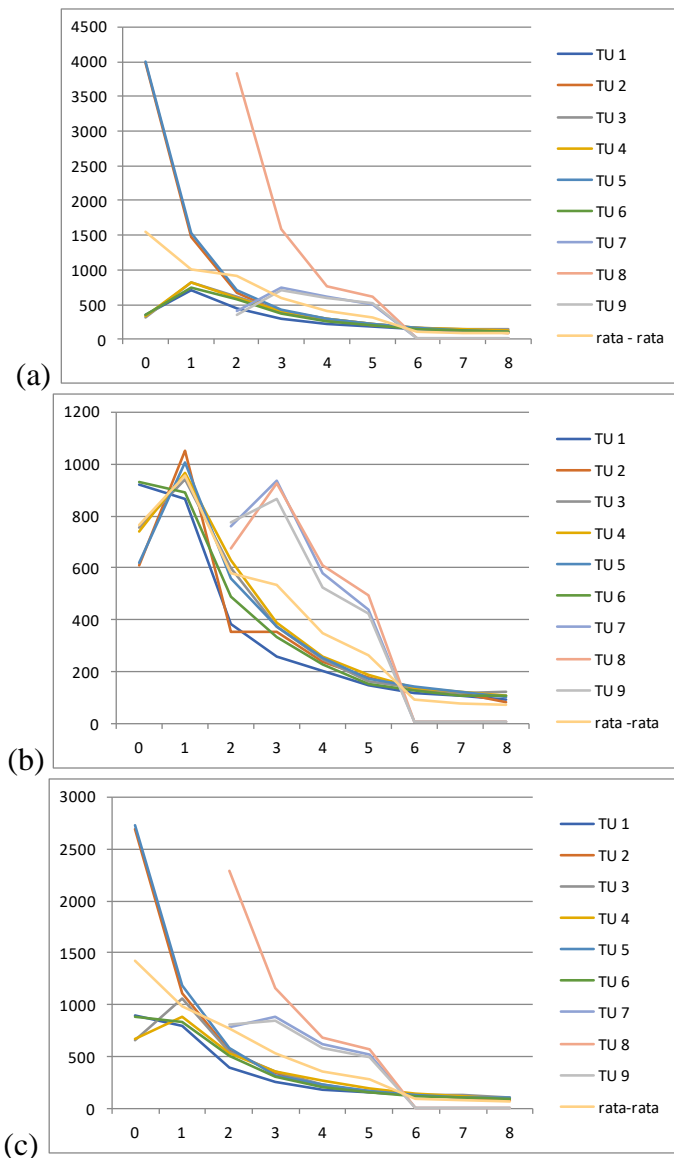
Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	379	287	160	114	98	82	73	60	54
TU 2	880	367	213	143	113	90	73	61	44
TU 3	279	305	205	156	121	100	79	75	63
TU 4	301	325	210	158	124	98	84	67	53
TU 5	920	358	217	156	122	96	76	67	59
TU 6	327	280	194	142	110	90	70	63	58
TU 7			328	318	238	195	3	3	3
TU 8			667	890	264	221	3	3	3
TU 9			847	340	233	202	3	3	3
rata-rata	514.3 33	320.3 33	337.8 89	268.5 56	158.1 11	130.4 44	51.55 56	44.66 67	37.77 78

Berdasarkan tabel tersebut pada kondisi bidang transparan x, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 29% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 71%. Sementara itu pada kondisi bidang transparan y, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 24% dan yang tidak sesuai standar sebesar 76%. Sedangkan pada kondisi bidang transparan z, area yang sesuai standar yaitu sebesar 25% pada tanggal 15 Desember, dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 75%.

Pada kondisi langit mendung, presentase area yang memenuhi standar lebih besar, dibandingkan pada bulan Oktober dengan kondisi langit terang. Hal ini dikarenakan pada bulan Oktober kondisi cahaya alami lebih banyak, dengan waktu penyinaran yang panjang, sehingga potensi terjadi *overbright* dalam ruang lebih besar, dan mengakibatkan tingkat iluminan lebih tinggi didalam ruangan dibandingkan pada kondisi langit *intermediate*.

2. Distriusi Iluminan

Distribusi iluminan pada variasi A2 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Oktober ditunjukkan pada gambar 4.10. Ketiga kurva (lihat gambar 4.10) menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi A2x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang. Fenomena ini disebabkan posisi bidang transparan pada dinding terkonsentrasi pada satu titik, sehingga cahaya tidak tersebar merata terutama pada area bidang transparan.

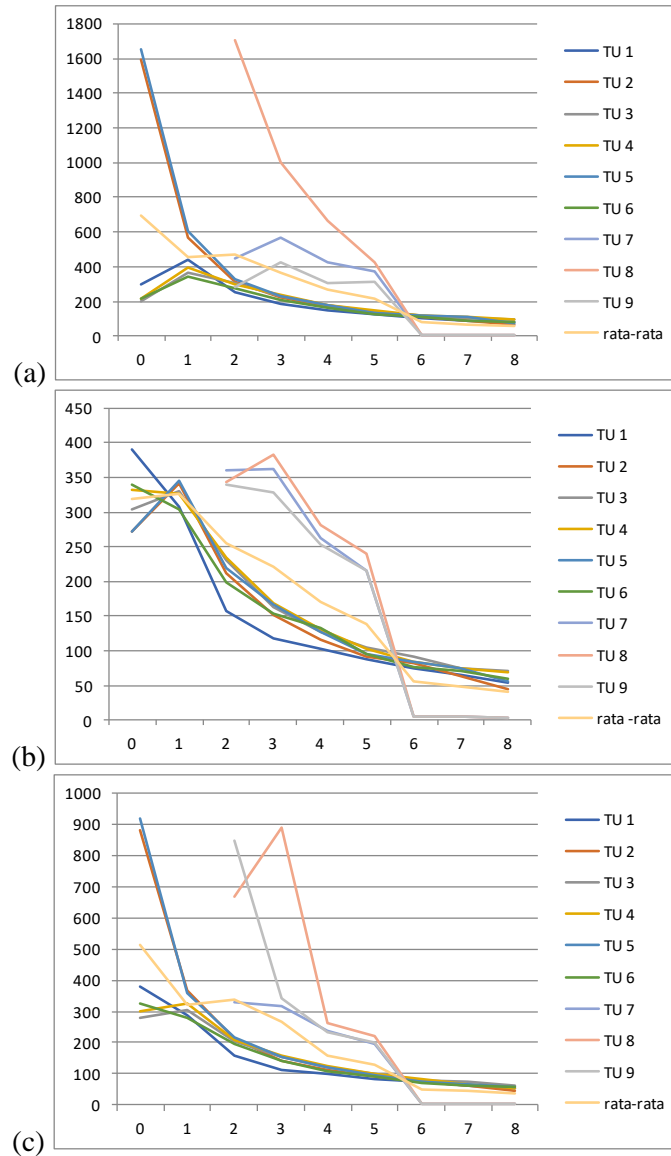


Gambar 4.10. Kurva distribusi iluminan A2 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Sementara itu pada variasi A2y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 7,8,9 pada jarak 6 – 8 meter. Pada titik ini kurva menurun sangat signifikan, hal ini disebabkan adanya sekat yang menghalangi distribusi cahaya untuk mencapai area ini. Pada kurva A2z, distribusi cahaya tidak terlalu curam dan landai seperti pada kedua kurva sebelumnya. Hal ini

disebabkan posisi bidang transparan 3 bidang yang tersebar merata, sehingga kurva yang dihasilkan cukup landai.

Sedangkan distribusi iluminan pada tanggal 15 Desember, dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. Kurva distribusi iluminan A2 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Distribusi iluminan pada variasi A2 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Desember ditunjukkan pada gambar 4.11. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang cukup besar, dan tidak jauh berbeda dengan kondisi distribusi pada

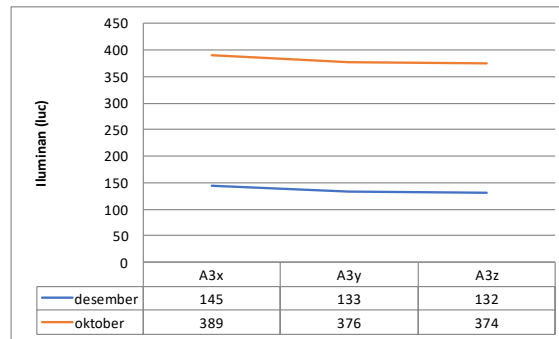
bulan Oktober. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi A2x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

Sementara itu pada variasi A2y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 7,8,9 pada jarak 6 – 8 meter, dimana kondisi ini sama pada ketiga kurva. Pada titik ini kurva menurun sangat signifikan, hal ini disebabkan adanya sekat yang menghalangi distribusi cahaya untuk mencapai area ini. Pada kurva A2z, distribusi cahaya tidak terlalu curam dan landai seperti pada kedua kurva sebelumnya. Hal ini disebabkan posisi bidang transparan 3 bidang yang tersebar merata, sehingga kurva yang dihasilkan cukup landai.

4.4.2.2. Variasi A3

1. Absolute Illuminan

Hasil simulasi rata – rata iluminan pada variasi A3 dengan kondisi bidang transparan yang berbeda, menunjukkan terjadi penurunan iluminasi pada A3x, A3y, A3z dengan penurunan yang paling besar yaitu pada simulasi bulan Oktober, yaitu hingga 15 lux antara kondisi A3x dan A3z. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Grafik rata – rata iluminasi pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda

Grafik diatas, menunjukkan rata – rata iluminan pada variasi A3 dengan kondisi bidang transparan x, y, dan z pada simulasi bulan Oktober memiliki nilai iluminan yang lebih tinggi dibandingkan bulan Desember, hal ini disebabkan kondisi langit pada bulan Oktober lebih terang dibandingkan pada bulan Desember, dimana kondisi langit berupa langit mendung.

Nilai iluminan tertinggi pada A3x (lihat tabel 4.28) yaitu 4220 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 8 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 6 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 11% dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 89%.

Tabel 4.28. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari Bidang Transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	351	654	350	216	152	133	99	68	58
TU 2	4063	1310	497	250	161	132	93	71	60
TU 3	306	633	436	232	130	108	77	65	66
TU 4	537	875	727	660	66	85	65	47	66
TU 5	4220	1551	834	715	28	31	30	31	32
TU 6	559	923	748	627	20	20	18	17	17
TU 7			751	947	739	694	14	14	14
TU 8			3686	1444	834	742	9	10	10
TU 9			585	854	766	655	8	8	8
rata-rata	1672	991	957	660	321	288	45	36	36

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Pada A3y (lihat tabel 4.29) nilai iluminan tertinggi yaitu 1954 lux pada titik ukur 7 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 13 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 4 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 27%, dan yang tidak memenuhi standart 73%.

Tabel 4.29. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	758	710	488	284	190	144	111	80	76
TU 2	703	968	659	370	220	147	110	85	79
TU 3	1092	882	624	348	187	106	98	80	83
TU 4	1228	1045	638	600	92	99	78	68	77
TU 5	830	1125	716	639	45	47	48	42	32
TU 6	893	935	628	566	37	33	29	28	29
TU 7			1954	997	652	588	23	24	23
TU 8			816	988	663	632	16	17	17
TU 9			1392	929	587	551	13	14	14
rata-rata	917.333	944.167	879.444	635.667	297	260.778	58.444	48.667	47.778

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

A3z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 2894 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 15 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 4 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 25%, dan yang tidak memenuhi standart 75%.

Tabel 4.30. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	736	751	516	284	193	144	123	82	82
TU 2	2822	1072	739	366	222	146	98	86	82
TU 3	1058	847	559	333	181	130	101	90	92
TU 4	1164	936	628	561	86	100	87	75	88
TU 5	2894	1219	712	580	47	49	51	46	38
TU 6	821	889	605	543	40	36	31	30	30
TU 7			1773	937	601	528	25	26	25
TU 8			2286	992	664	579	18	19	19
TU 9			1287	870	582	502	15	16	16
rata-rata	1582.5	952.33	1011.7	607.33	290.67	246	61	52.222	52.444

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Namun pada simulasi bulan Desember, kondisi penerangan alami lebih rendah dibandingkan pada bulan Oktober. Nilai iluminan tertinggi pada A3x yaitu 1350 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 6 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.31. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	351	654	350	216	152	133	99	68	58
TU 2	4063	1310	497	250	161	132	93	71	60
TU 3	306	633	436	232	130	108	77	65	66
TU 4	537	875	727	660	66	85	65	47	66
TU 5	4220	1551	834	715	28	31	30	31	32
TU 6	559	923	748	627	20	20	18	17	17
TU 7			751	947	739	694	14	14	14
TU 8			3686	1444	834	742	9	10	10
TU 9			585	854	766	655	8	8	8
rata-rata	1672.7	991	957	660.	321.7	288.8	45.8	36.7	36.7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Tabel A3y menunjukkan nilai iluminan tertinggi yaitu 684 lux pada titik ukur 7 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 5 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.32. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	319	240	162	105	79	59	49	33	29
TU 2	269	293	222	132	87	55	44	36	29
TU 3	373	274	201	127	68	47	37	32	32
TU 4	493	363	292	234	39	39	33	31	32
TU 5	347	367	308	249	18	20	20	18	12
TU 6	329	389	237	218	13	13	12	12	11
TU 7			684	349	250	226	7	9	9
TU 8			353	355	258	241	6	6	6
TU 9			468	318	234	219	5	5	5
rata-rata	355	321	325.2222	231.8889	116.2222	102.1111	23.66667	20.22222	18.33333

A3z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 938 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 4 lux pada titik ukur 9 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.33. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	288	241	161	99	75	59	49	34	30
TU 2	894	311	224	129	83	60	43	35	28
TU 3	343	261	186	120	69	50	43	35	33
TU 4	454	339	271	222	36	35	33	30	33
TU 5	938	393	313	238	17	19	19	17	14
TU 6	307	298	262	211	13	13	11	11	11
TU 7			622	322	271	219	9	9	9
TU 8			749	489	259	236	6	6	6
TU 9			439	302	235	209	4	4	4
rata-rata	537	307	358.56	236.89	117.56	100	24	20.111	18.667

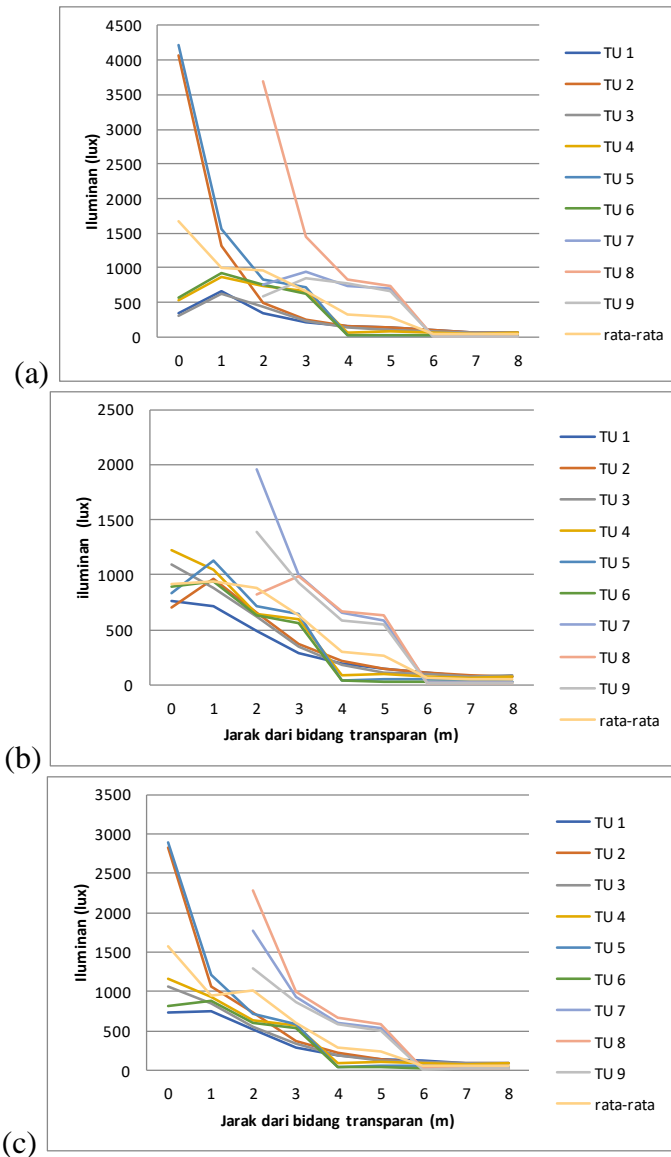
Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Dari pembahasan sebelumnya, pada kondisi bidang transparan x, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 16% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 84%. Sementara itu pada kondisi bidang transparan y, area yang sesuai standar pada tanggal 15 desember yaitu sebesar 20% dan yang tidak sesuai standar sebesar 80%. Sedangkan pada kondisi bidang transparan z, area yang sesuai standar yaitu sebesar 17% pada tanggal 15 Desember, dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 83%.

2. Distriusi Iluminan

Distribusi iluminan pada variasi A3 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Oktober ditunjukkan pada gambar 4.11. Ketiga kurva (lihat gambar 4.11) menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat

pada variasi A3x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang. Fenomena ini disebabkan posisi bidang transparan pada dinding terkonsentrasi pada satu titik, sehingga cahaya tidak tersebar merata terutama pada area bidang transparan.

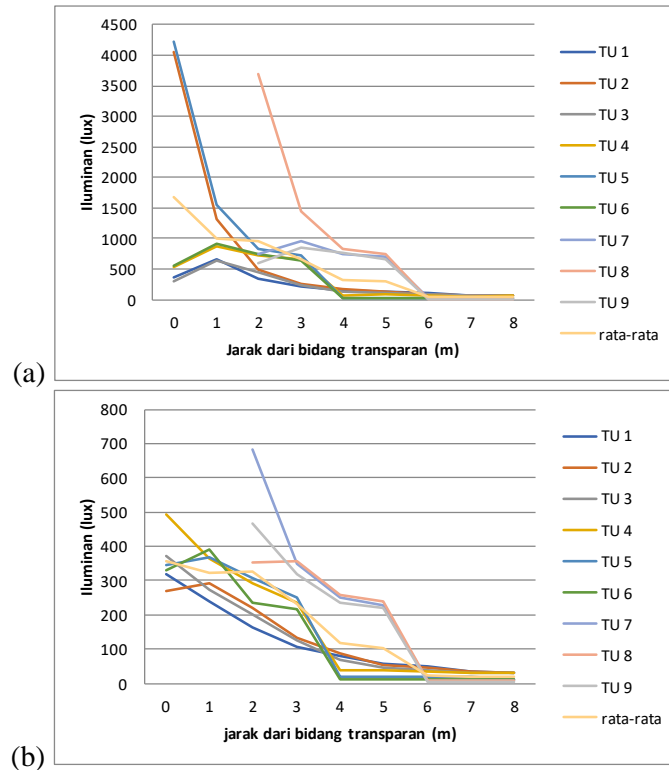


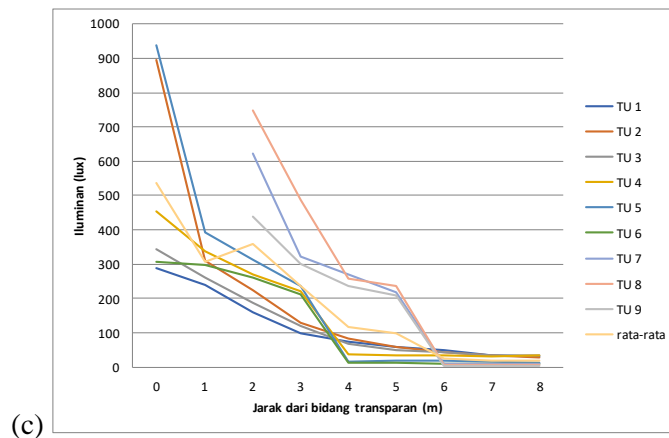
Gambar 4.13. Kurva distribusi iluminan A3 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Sementara itu pada variasi A3y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang

transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 7, pada jarak 6 – 8 meter kurva mengalami penuruna yang sangat signifikan (curam) dibandingkan titik ukur lainnya. Sementara itu pada titik ukur 1 dan 2 terjadi kenaikan pada jarak 1 meter kemudian kembali menurun pada jaak 2 meter, disebabkan kemungkinan terjadinya akumulasi cahaya pada titik tersebut dari pantulan area sekitarnya. Pada kurva A3z, kurva tidak jauh berbeda dengan kurva A3x, namun perbedaan nilai iluminan pada A3z lebih kecil karena cahaya tersebar merata pada titik ukur, kecuali pada titik ukur 5 dan 2 karena kemungkinan adanya akumulasi cahaya yang terpantul dari area sekitarnya.

Sedangkan distribusi iluminan pada tanggal 15 Desember, dapat dilihat pada gambar 4.14.





Gambar 4.14. Kurva distribusi iluminan A3 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

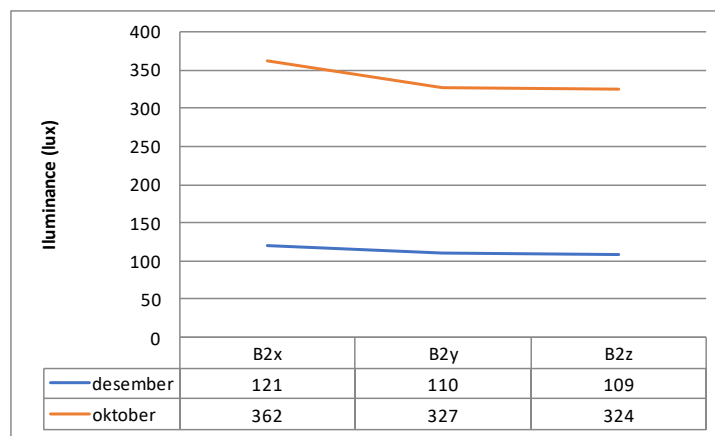
Distribusi iluminan pada variasi A3 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Desember ditunjukkan pada gambar 4.14. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, dan tidak jauh berbeda dengan kondisi distribusi pada bulan Oktober. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi A3x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

Sementara itu pada variasi A3y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 4,5,6, 7,8,9 pada jarak 6 – 8 dan 4 - 6 meter, dimana kondisi ini sama pada ketiga kurva. Pada titik ini kurva menurun sangat signifikan, hal ini disebabkan adanya sekat yang menghalangi distribusi cahaya untuk mencapai area ini. Pada kurva A3z, distribusi cahaya tidak terlalu curam dan landai seperti pada kedua kurva sebelumnya. Hal ini disebabkan posisi bidang transparan 3 bidang yang tersebar merata, sehingga kurva yang dihasilkan cukup landai, kecuali pada titik ukur 4 dengan jarak 2 meter dari bidang transparan terjadi kenaikan iluminan yang mungkin disebabkan oleh akumulasi cahaya dari pantulan area di sekitarnya.

4.4.2.2. Variasi B2

1. Absolute Iluminan

Hasil simulasi rata – rata iluminan pada variasi B2 dengan kondisi bidang transparan yang berbeda, menunjukkan terjadi penurunan iluminasi pada B2x, B2y, B2z dengan penurunan yang paling besar yaitu pada simulasi bulan Oktober, yaitu hingga 38 lux antara kondisi B2x dan B2z. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Kurva rata – rata iluminasi pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda

Kurva diatas, menunjukkan rata – rata iluminan pada variasi B2 dengan kondisi bidang transparan x, y, dan z pada simulasi bulan Oktober memiliki nilai iluminan yang lebih tinggi dibandingkan bulan Desember, hal ini disebabkan kondisi langit pada bulan Oktober lebih terang dibandingkan pada bulan Desember, dimana kondisi langit berupa langit mendung.

Nilai iluminan tertinggi pada B2x yaitu 3867 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 2 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 6 – 8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 7% dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 93%.

Tabel 4.34. Nilai iluminan pada titik ukur pada B2x bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	304	676	374	228	157	112	85	59	55
TU 2	3742	1336	542	285	162	112	76	63	55
TU 3	218	588	413	257	125	90	69	57	53
TU 4	340	732	603	538	102	77	62	59	52
TU 5	3867	1523	760	605	32	33	35	36	15
TU 6	400	823	654	570	26	26	26	25	19
TU 7			346	689	579	509	4	3	2
TU 8			3661	1447	709	560	3	2	2
TU 9			266	598	522	454	3	2	2
rata-rata	1478	946	846.5	579.6	268.2	219.2	40.3	34	28.3

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Pada B2y nilai iluminan tertinggi yaitu 1053 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 2 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 6-8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 6%, dan yang tidak memenuhi standart 94%.

Tabel 4.35. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3y bulan Oktober

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	876	753	298	196	123	93	58	44	44
TU 2	522	888	417	234	137	93	63	46	43
TU 3	696	738	407	209	109	75	56	45	42
TU 4	766	861	577	474	64	66	53	46	41
TU 5	634	1053	581	506	25	27	27	25	19
TU 6	908	888	563	484	21	21	21	20	20
TU 7			731	898	542	437	3	2	2
TU 8			590	882	551	445	2	2	2
TU 9			689	758	585	363	2	2	2
rata-rata	733	863	539	515	239.6	180	31.6	25.7	23.8

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

B2z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 2560 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 2 lux pada titik ukur 7,8,9

dengan jarak 6,7,8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 6%, dan yang tidak memenuhi standart 94%.

Tabel 4.36. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3z bulan Oktober

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	798	731	314	202	126	95	65	50	46
TU 2	2460	1019	490	226	128	84	66	52	43
TU 3	603	709	384	209	106	73	39	40	41
TU 4	669	798	511	441	47	62	51	48	39
TU 5	2560	1168	605	499	25	27	27	28	20
TU 6	843	793	551	470	21	21	21	20	19
TU 7			2123	916	538	449	3	2	2
TU 8			2049	1034	536	464	2	2	2
TU 9			2385	895	506	380	2	2	2
rata-rata	1322	869.6	1045.8	543.5	225.8	183.8	30.6	27.1	23.7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Simulasi pada bulan Desember, kondisi penerangan alami lebih rendah dibandingkan pada bulan Oktober. Nilai iluminan tertinggi pada B2x yaitu 1252 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 7,8, 9 dengan jarak 4-6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.37. Nilai iluminan pada titik ukur pada A3x bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	128	219	123	82	60	46	36	24	20
TU 2	1201	368	163	97	63	45	32	29	26
TU 3	93	182	133	86	47	42	31	27	46
TU 4	146	263	219	192	39	30	27	22	21
TU 5	1252	442	253	211	13	15	15	14	9
TU 6	157	262	226	193	10	11	10	10	8
TU 7			148	254	212	182	3	1	1
TU 8			1197	427	248	205	1	1	1
TU 9			194	261	206	178	1	1	1
rata-rata	496.1	289.3	295.1	200.3	99.7	83.7	17.3	14.3	14.7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Tabel B2y menunjukkan nilai iluminan tertinggi yaitu 340 lux pada titik ukur 1 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 7,8,9 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.38. Nilai iluminan pada titik ukur pada B2y bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	340	232	102	69	50	39	33	23	15
TU 2	207	262	132	82	53	34	25	24	17
TU 3	232	215	128	74	41	25	24	17	17
TU 4	311	288	202	171	24	25	21	19	17
TU 5	252	331	216	187	11	12	11	10	8
TU 6	310	274	194	169	8	8	8	8	7
TU 7			283	291	189	155	1	1	1
TU 8			231	302	207	147	1	1	1
TU 9			244	236	163	136	1	1	1
rata-rata	275.3	267	192.4	175.6	82.8	64.5	13.8	11.5	9.3

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

B2z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 846 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada 7,8,9 dengan jarak 4,5,6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.39. Nilai iluminan pada titik ukur pada B2z bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	311	314	111	66	50	36	29	16	16
TU 2	792	297	147	79	53	34	22	20	19
TU 3	206	210	14	71	34	30	23	20	18
TU 4	274	256	190	160	27	26	20	18	17
TU 5	846	351	215	179	11	11	10	9	8
TU 6	282	252	187	160	8	8	9	8	8
TU 7			257	264	180	152	2	1	1
TU 8			666	320	196	164	1	1	1
TU 9			231	218	157	132	1	1	1
rata-rata	451	280	224	168	79.5	65.8	13	10.	9.8

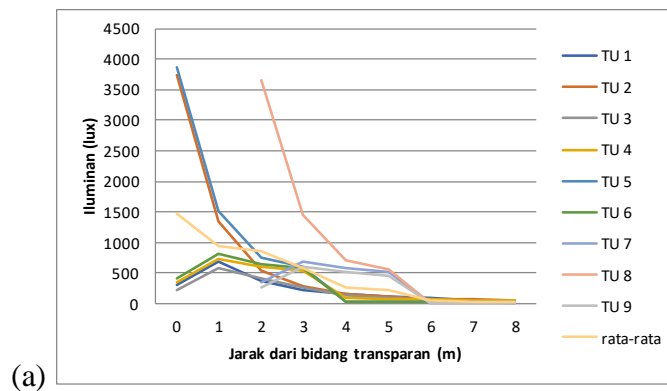
Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

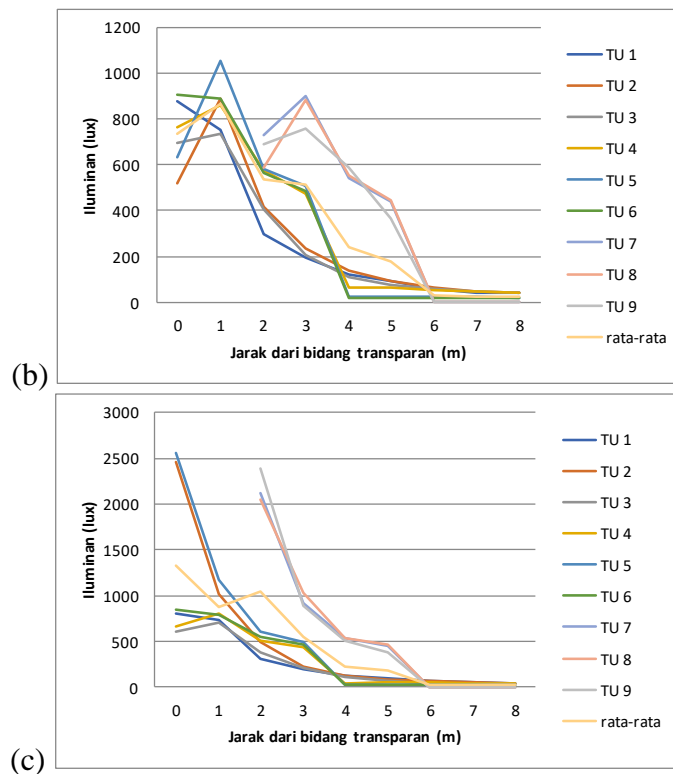
Berdasarkan pembahasan tersebut, pada kondisi bidang transparan x, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 28% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 82%. Sementara itu pada kondisi bidang transparan y, area yang sesuai standar pada tanggal 15 desember yaitu sebesar 28% dan yang tidak sesuai standar sebesar 80%. Sedangkan pada kondisi bidang transparan z, area yang sesuai standar yaitu sebesar 23% pada tanggal 15 Desember, dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 77%.

2. Distriusi Iluminan

Distribusi iluminan pada variasi B2 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Oktober ditunjukkan pada gambar 4.16. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi B2x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2, 5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

Fenomena ini disebabkan posisi bidang transparan pada dinding terkonsentrasi pada satu titik, sehingga cahaya tidak tersebar merata terutama pada area bidang transparan.

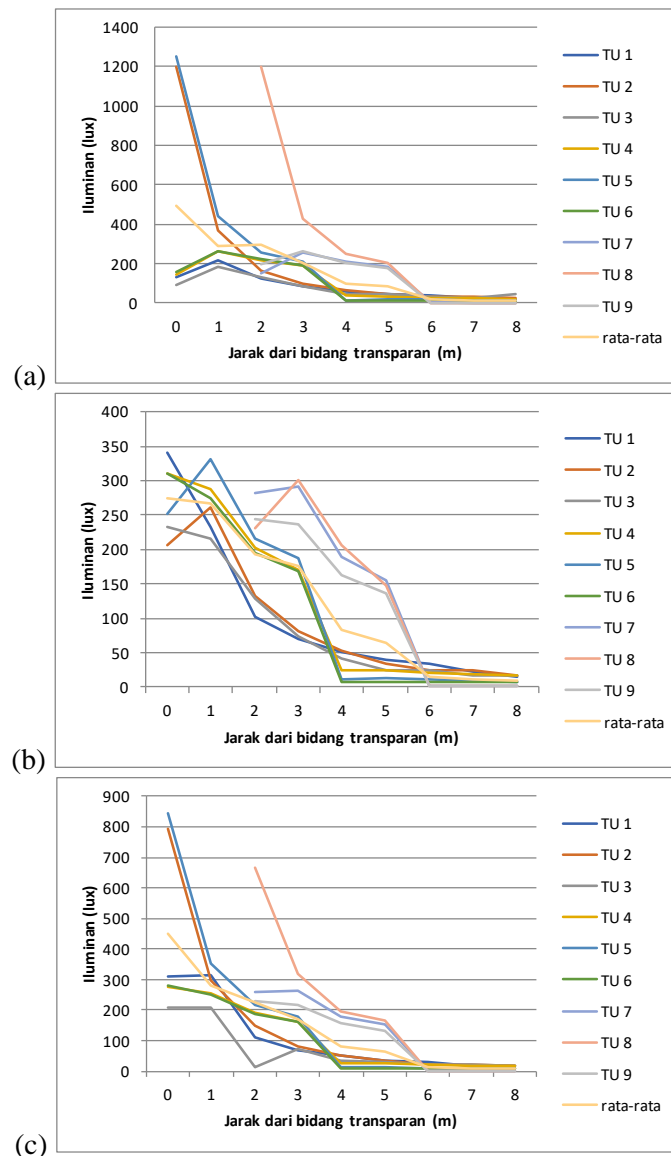




Gambar 4.16. Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Sementara itu pada variasi B2y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 7, pada jarak 6 – 8 meter kurva mengalami penurunan yang sangat signifikan (curam) dibandingkan titik ukur lainnya. Sementara itu pada titik ukur 1 dan 2 terjadi kenaikan pada jarak 1 meter kemudian kembali menurun pada jarak 2 meter, disebabkan kemungkinan terjadinya akumulasi cahaya pada titik tersebut dari pantulan area sekitarnya. Pada kurva A3z, kurva tidak jauh berbeda dengan kurva A3x, namun perbedaan nilai iluminan pada A3z lebih kecil karena cahaya tersebar merata pada titik ukur, kecuali pada titik ukur 5 dan 2 karena kemungkinan adanya akumulasi cahaya yang terpantul dari area sekitarnya.

Sedangkan distribusi iluminan pada tanggal 15 Desember, dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.17. Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Distribusi iluminan pada variasi B2 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Desember ditunjukkan pada gambar 4.16. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, dan tidak jauh berbeda dengan kondisi distribusi pada bulan Oktober. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi A3x dimana

pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

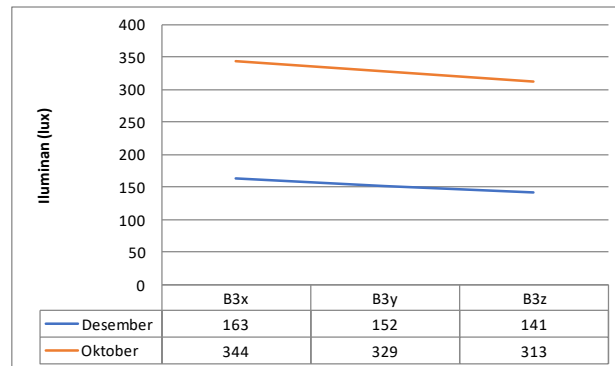
Sementara itu pada variasi B2y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 4,5,6, 7,8,9 pada jarak 6 – 8 dan 4 - 6 meter, dimana kondisi ini sama pada ketiga kurva. Pada titik ini kurva menurun sangat signifikan, hal ini disebabkan adanya sekat yang menghalangi distribusi cahaya untuk mencapai area ini. Pada titik 5 dan 8 kurva mengalami kenaikan pada jarak 1 meter yang disebabkan akumulasi cahaya dari area sekitarnya.

Pada kurva B2z, kurva distribusi cahaya sangat curam terjadi pada titik ukur 1,2, dan 8. Hal ini menyebabkan kontras yang cukup tinggi diantara area perimeter (dekat bidang transparan) dengan area yang paling jauh dari bidang transparan. Sementara pada titik ukur 1,4,6, dan 7 kurva yang dihasilkan lebih landai, yang berarti distribusi cahaya pada area ini lebih merata.

4.4.2.2. Variasi B3

1. Absolute Iluminan

Hasil simulasi rata – rata iluminan pada variasi B3 dengan kondisi bidang transparan yang berbeda, menunjukkan terjadi penurunan iluminasi pada B3x, B3y, B3z dengan penurunan yang paling besar yaitu pada simulasi bulan Oktober, yaitu hingga 31 lux antara kondisi B3x dan B3z. Kondisi ini dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.18. Kurva rata – rata iluminasi pada *base case* dengan kondisi bidang transparan yang berbeda – beda

Kurva diatas, menunjukkan rata – rata iluminan pada variasi B3 dengan kondisi bidang transparan x, y, dan z pada simulasi bulan Oktober memiliki nilai iluminan yang lebih tinggi dibandingkan bulan Desember, hal ini disebabkan kondisi langit pada bulan Oktober lebih terang dibandingkan pada bulan Desember, dimana kondisi langit berupa langit mendung.

Nilai iluminan tertinggi pada B3x yaitu 3728 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 5,6,7,8,9 dengan jarak 5-8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar yaitu sebesar 11% dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 89%.

Tabel 4.40. Nilai iluminan pada titik ukur pada B3x bulan Oktober

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	278	634	356	221	148	112	82	52	49
TU 2	3568	1296	513	274	164	115	83	62	58
TU 3	205	561	398	239	144	101	81	66	53
TU 4	343	743	591	511	130	98	63	53	61
TU 5	3728	1441	726	564	108	1	1	1	1
TU 6	327	720	599	523	286	1	1	1	1
TU 7			303	620	393	344	1	1	1
TU 8			3470	1375	648	499	2	1	1
TU 9			230	536	469	406	2	1	1
rata-rata	1408.2	899.2	798.4	540.3	276.7	186.3	35.1	26.4	25.1

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Pada B3y nilai iluminan tertinggi yaitu 1041 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 1 meter dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 5,6,7,8,9 dengan jarak 6-8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 8%, dan yang tidak memenuhi standart 92%.

Tabel 4.41. Nilai iluminan pada titik ukur pada B3y bulan Oktober

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	855	769	321	197	143	103	71	52	44
TU 2	542	953	455	237	144	105	70	61	48
TU 3	688	762	417	226	132	81	61	54	46
TU 4	777	849	560	464	81	90	59	56	47

TU 5	635	1041	610	510	92	1	1	1	1
TU 6	912	905	536	487	256	1	1	1	1
TU 7			708	863	432	331	1	1	1
TU 8			591	838	543	436	2	1	1
TU 9			669	757	453	349	2	1	1
rata-rata	734.8	879.8	540.8	508.8	252.9	166.3	29.8	25.3	21.1

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

B3z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 2653 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 5,6,7,8,9 dengan jarak 5-8 meter dari bidang transparan. Area yang memenuhi standar 8%, dan yang tidak memenuhi standart 92%.

Tabel 4.42. Nilai iluminan pada titik ukur pada B3z bulan Oktober

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	780	698	311	166	121	82	60	33	33
TU 2	2575	966	458	207	131	84	58	37	36
TU 3	582	699	366	193	113	74	52	43	29
TU 4	717	826	551	448	77	63	53	39	32
TU 5	2653	1147	649	495	58	1	1	1	1
TU 6	840	833	552	458	202	1	1	1	1
TU 7			580	747	365	256	1	1	1
TU 8			2031	954	498	388	1	1	1
TU 9			594	657	370	282	2	1	1
rata-rata	1357	861	676	480	215	136	25	17	15

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Simulasi pada bulan Desember, nilai iluminan tertinggi pada B3x yaitu 1252 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 dari bidang transparan, dan terendah 1 lux pada titik ukur 7,8, 9 dengan jarak 4-6 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.43. Nilai iluminan pada titik ukur pada B3x bulan Desember

Titik Ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	209	406	264	189	141	108	84	58	47
TU 2	1205	368	163	97	63	45	32	29	26
TU 3	93	182	133	86	47	42	31	27	46
TU 4	146	263	219	192	39	30	27	22	21
TU 5	1252	442	253	211	13	15	15	14	9
TU 6	157	262	226	193	10	11	10	10	8
TU 7			148	254	212	182	3	1	1
TU 8			1197	427	248	205	1	1	1
TU 9			194	261	206	178	1	1	1
rata-rata	510	320	310	212	108	90	22	18	17

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

Tabel B3y menunjukkan nilai iluminan tertinggi yaitu 339 lux pada titik ukur 1 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 0 lux pada titik ukur 5,6,7,8,9 dengan jarak 5-8 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.44. Nilai iluminan pada titik ukur pada B3y bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	339	244	113	74	54	39	30	20	19
TU 2	212	275	139	90	59	40	31	25	22
TU 3	232	217	132	80	52	37	27	22	20
TU 4	309	278	208	167	39	36	29	22	20
TU 5	252	330	216	186	42	0	0	0	0
TU 6	311	278	200	170	101	0	0	0	0
TU 7			281	291	153	122	0	0	0
TU 8			238	301	196	158	0	0	0
TU 9			241	228	158	130	0	0	0
rata-rata	275.8	270.3	196.4	176.3	94.9	62.4	13.0	9.9	9.0

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi
 : titik dengan Iluminan terendah
 : titik yang memenuhi standart

B3z memiliki nilai iluminan tertinggi yaitu 861 lux pada titik ukur 5 dengan jarak 0 meter dari bidang transparan, dan terendah 0 lux pada 7,8,9 dengan jarak 5-8 meter dari bidang transparan.

Tabel 4.45. Nilai iluminan pada titik ukur pada B2z bulan Desember

Titik ukur	Jarak dari bidang transparan (m)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
TU 1	307	216	112	70	53	38	30	21	17
TU 2	827	293	145	84	56	42	27	23	20
TU 3	203	204	126	76	49	39	24	24	20
TU 4	247	282	190	159	36	36	28	24	21
TU 5	861	349	219	177	41	0	0	0	0
TU 6	282	251	194	162	96	0	0	0	0
TU 7			254	261	143	114	0	0	0
TU 8			667	318	186	152	0	0	0
TU 9			227	217	154	128	0	0	0
rata-rata	454.5	265.8	237.1	169.3	90.4	61.0	12.1	10.2	8.7

Keterangan : : titik dengan Iluminan tertinggi

 : titik dengan Iluminan terendah

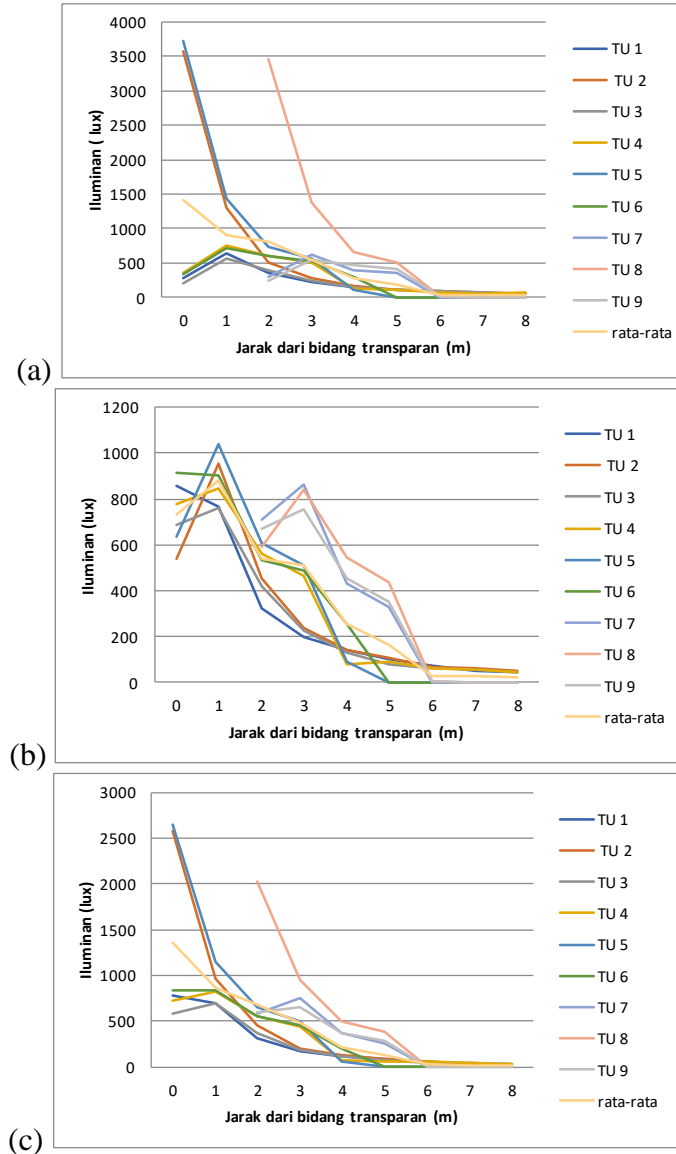
 : titik yang memenuhi standart

Berdasarkan tabel 4.45, pada kondisi bidang transparan x, area yang sesuai standar pada tanggal 15 Desember yaitu sebesar 27% dan yang tidak memenuhi standar sebesar 73%. Sementara itu pada kondisi bidang transparan y, area yang sesuai standar pada tanggal 15 desember yaitu sebesar 28% dan yang tidak sesuai standar sebesar 80%. Sedangkan pada kondisi bidang transparan z, area yang sesuai standar yaitu sebesar 25% pada tanggal 15 Desember, dan yang tidak memenuhi standar yaitu sebesar 75%.

2. Distriusi Iluminan

Distribusi iluminan pada variasi B3 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Oktober ditunjukkan pada gambar 4.17. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, yang berarti ada perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi B3x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2, 5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

Fenomena ini disebabkan posisi bidang transparan pada dinding terkonsentrasi pada satu titik, sehingga cahaya tidak tersebar merata terutama pada area bidang transparan.

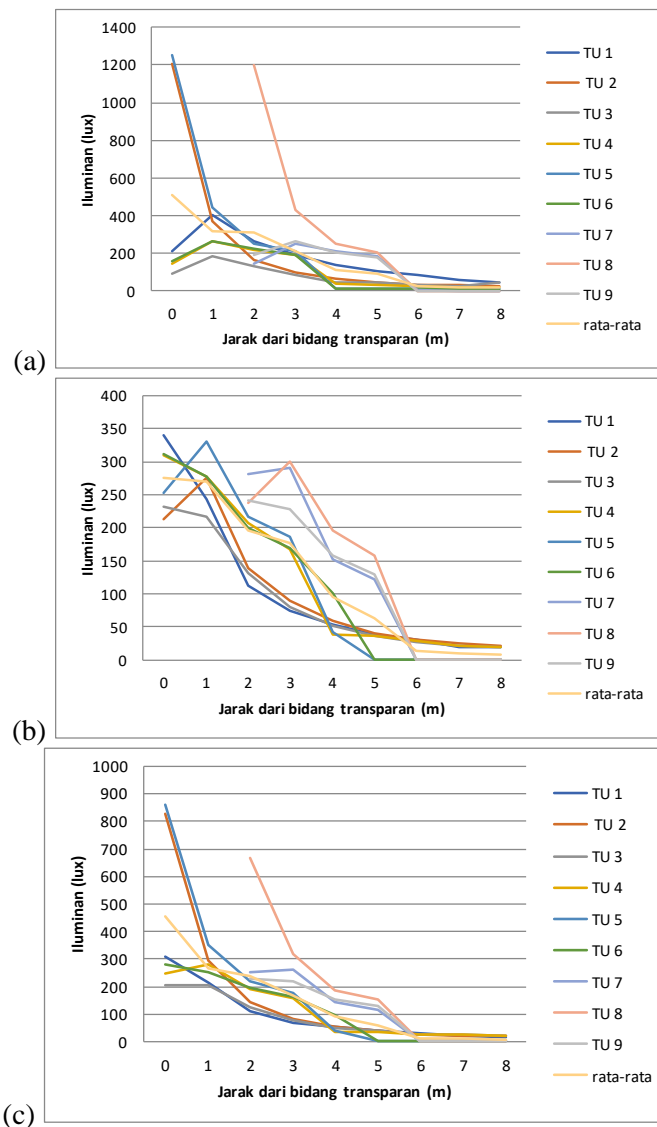


Gambar 4.19. Kurva distribusi iluminan B2 tanggal 15 Oktober dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Sementara itu pada variasi B3y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 7, pada jarak 6 – 8 meter kurva

mengalami penurunan yang sangat signifikan (curam) dibandingkan titik ukur lainnya. Sementara itu pada titik ukur 5 dan 2 terjadi kenaikan pada jarak 1 meter kemudian kembali menurun pada jarak 2 meter, hal ini disebabkan kemungkinan terjadinya akumulasi cahaya pada titik tersebut dari pantulan area sekitarnya. Pada kurva B3z, kurva tidak jauh berbeda dengan kurva B3x, namun perbedaan nilai iluminan pada B3z lebih kecil sehingga penurunan iluminasi tidak terlalu signifikan.

Sedangkan distribusi iluminan pada tanggal 15 Desember, dapat dilihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.20. Kurva distribusi iluminan B3 tanggal 15 Desember dengan (a) bidang transparan x, (b) bidang transparan y, (c) bidang transparan z.

Distribusi iluminan pada variasi B3 dengan kondisi bidang transparan x dan y pada bulan Desember ditunjukkan pada gambar 4.18. Ketiga kurva menunjukkan penurunan yang sangat cukup besar, dan tidak jauh berbeda dengan kondisi distribusi pada bulan Oktober. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara kondisi cahaya pada perimeter (area bidang transparan) dengan area dinding yang paling belakang. Namun penurunan yang paling signifikan terlihat pada variasi B3x dimana pada kurva lebih curam pada titik ukur 2,5, dan 8 menunjukkan kontras yang tinggi antara area dekat jendela dan area paling belakang.

Pada variasi B3y kurva lebih landai dan penurunan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan, posisi bidang transparan tersebar pada area dinding, sehingga kondisi pencahayaan alami didalam ruang lebih merata, kecuali pada area titik ukur 4,5,6, 7,8,9 pada jarak 6 – 8 dan 4 - 6 meter, dimana kondisi ini sama pada ketiga kurva. Pada titik ini kurva menurun sangat signifikan, hal ini disebabkan adanya sekat yang menghalangi distribusi cahaya untuk mencapai area ini. Pada titik 5 dan 8 kurva mengalami kenaikan pada jarak 1 meter yang disebabkan akumulasi cahaya dari area sekitarnya.

Pada kurva B3z, kurva distribusi cahaya sangat curam terjadi pada titik ukur 1,2, dan 8. Hal ini menyebabkan kontras yang cukup tinggi diantara area perimeter (dekat bidang transparan) dengan area yang paling jauh dari bidang transparan. Sementara pada titik ukur 1,4,6, dan 7 kurva yang dihasilkan lebih landai, yang berarti distribusi cahaya pada area ini lebih merata.

4.5. Perbandingan rata-rata iluminan dengan standar

Pada tabel 4.46, merangkum hasil yang diperoleh dari simulasi, menunjukkan matriks kinerja pencahayaan alami berupa absolute iluminan dari berbagai variasi *layout* berdasarkan persentase area, dari area yang terlalu terang, sesuai standar, dan terlalu gelap.

Matriks (lihat tabel 4.46) menunjukkan nilai iluminan pada simulasi bulan Oktober area yang sesuai standar pada *base case* masih mencapai 41% dari keseluruhan titik ukur pada bidang transparan y. Sedangkan area yang terlalu terang

mencapai 63% pada bidang transparan x. Namun setelah diterapkan variasi layout A2 dengan posisi ruang terkonsentrasi pada satu sisi ruang, maka persentase area yang memenuhi standart menurun hingga 27% pada bidang transparan x dan y, sedangkan area yang lebih terang mencapai 55% pada bidang transparan x, dan area yang lebih gelap mencapai 25% pada bidang transparan z.

Tabel 4.46. Matriks kinerja pencahayaan alami (absolut iluminan)

variasi layout		Absolut Iluminan Oktober				Absolut Iluminan Desember			
		persentase area (%)				persentase area (%)			
		terlalu terang	sesuai standart	terlalu gelap	jumlah	terlalu terang	sesuai standart	terlalu gelap	jumlah
base case	x	63	34	3	100	20	52	28	100
	y	55	41	4	100	25	40	35	100
	z	57	39	4	100	16	30	54	100
A2	x	55	27	18	100	36	29	35	100
	y	50	27	23	100	28	24	48	100
	z	50	25	25	100	25	25	50	100
A3	x	36	11	53	100	32	16	52	100
	y	48	8	44	100	27	20	53	100
	z	48	9	43	100	30	17	53	100
B2	x	46	6	48	100	16	28	56	100
	y	44	6	50	100	11	28	61	100
	z	44	7	49	100	19	23	58	100
B3	x	44	11	45	100	17	27	56	100
	y	48	8	44	100	11	28	61	100
	z	44	8	48	100	16	25	59	100

Berdasarkan matriks pada tabel diatas, menunjukkan nilai iluminan pada simulasi bulan Oktober area yang sesuai standar pada *base case* masih mencapai 41% dari keseluruhan titik ukur pada bidang transparan y. Sedangkan area yang terlalu terang mencapai 63% pada bidang transparan x. Namun setelah diterapkan variasi layout A2 dengan posisi ruang terkonsentrasi pada satu sisi ruang, maka persentase area yang memenuhi standart menurun hingga 27% pada bidang transparan x dan y, sedangkan area yang lebih terang mencapai 55% pada bidang transparan x, dan area yang lebih gelap mencapai 25% pada bidang transparan z. Pada variasi layout A3, area yang memenuhi standar semakin kecil, yaitu 11% pada bidang transparan x, dan area yang lebih terang sebesar 48% pada bidang transparan y dan z, sedangkan area yang lebih gelap mencapai 53% pada bidang transparan x. Pada variasi B2, persentase area yang memenuhi standar semakin kecil, hanya mencapai 6% pada bidang transparan x dan y, sedangkan persentase area yang lebih terang yaitu mencapai 46% pada bidang transparan x, dan persentase are yang lebih gelap mencapai 50% pada bidang transparan y. Pada variasi B3 area yang memenuhi standar yaitu sebesar 11%,

sedangkan area yang lebih terang sebesar 48% pada bidang transparan y, dan area lebih gelap menurun hingga 44% pada bidang transparan y.

Hasil simulasi yang berbeda ditunjukkan pada simulasi bulan Desember, area yang sesuai standar pada *base case* masih mencapai 52% dari keseluruhan titik ukur pada bidang transparan x. Sedangkan area yang terlalu terang mencapai 25% pada bidang transparan x. Sedangkan variasi layout A2 dengan posisi ruang terkonsentrasi pada satu sisi ruang, maka persentase area yang memenuhi standart menurun hingga 29% pada bidang transparan x, sedangkan area yang lebih terang mencapai 36% pada bidang transparan x, dan area yang lebih gelap mencapai 50% pada bidang transparan z. Pada variasi layout A3, area yang memenuhi standar semakin kecil, yaitu 16% pada bidang transparan x, dan area yang lebih terang sebesar 27% pada bidang transparan x, sedangkan area yang lebih gelap mencapai 53% pada bidang transparan x dan y. Pada variasi B2, persentase area yang memenuhi standar semakin kecil, hanya mencapai 28% pada bidang transparan x dan y, sedangkan persentase area yang lebih terang menurun hingga 11% pada bidang transparan y, dan persentase area yang lebih gelap naik hingga mencapai 61% pada bidang transparan y.

Dari pembahasan diatas, menunjukkan variasi *layout* perubahan layout berpengaruh terhadap absolute iluminan, berupa persentase area yang memenuhi standar. Perubahan posisi ruang dari kondisi *base case* menjadi layout dengan posisi kamar tidur terkonsentrasi pada satu sisi ruang, menunjukkan penurunan persentase iluminan area yang memenuhi standar, hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan oleh Evans (1981), yaitu kedalaman ruang berpengaruh terhadap cahaya yang diperoleh dalam ruang. Demikian juga dengan adanya penambahan ruang dari 2 kamar tidur menjadi 3 kamar tidur, menunjukkan penurunan persentase area yang memenuhi standar yang sangat signifikan.

Tabel 4.47. menunjukkan matriks analisa kinerja variabel pada setiap variasi yaitu distribusi cahaya yang baik, dan absolute iluminan yang memenuhi standar. Berdasarkan matriks, kategori variasi *layout* A2 merupakan variasi yang paling baik dibandingkan tiga variasi lainnya, dimana absolut iluminan berupa persentase area yang memenuhi standar pada variasi A2 berkisar antara 16% - 30% baik pada

simulasi bulan Oktober maupun simulasi bulan Desember, dan mengalami penurunan persentase area yang sedikit dari *base case*. Distribusi cahaya pada variasi A2 x dan y memberikan distribusi yang baik, hal ini ditunjukkan oleh kurva yang landai, ini berarti kondisi distribusi cahaya alami pada variasi ini hampir merata hingga titik ukur pada area yang paling dalam.

Tabel 4.47. Matriks kinerja pencahayaan alami (absolut iluminan)

variasi layout		Absolut Iluminan		Distribusi Iluminan	
		Oktober	Desember	Oktober	Desember
base case	x	++	++	+	+
	y	++	++	-	+
	z	++	+	+	+
A2	x	+	+	+	-
	y	+	+	-	+
	z	+	+	+	-
A3	x	-	+	-	-
	y	-	+	+	+
	z	-	+	-	-
B2	x	-	+	+	+
	y	-	+	-	-
	z	-	+	-	+
B3	x	-	+	+	+
	y	-	+	-	-
	z	-	+	+	+
Note : Absolute iluminan : ++ = 31% - 60%					
+ = 16%-30%					
- = 1% - 15%					
Distribusi Iluminan : + = kurva rata - rata landai (baik)					
- = Kurva rata - rata curam (kurang baik)					

Variasi kedua yang cukup baik yaitu, variasi A3y, variasi B2x, B3x, dan B3z dimana pada variasi ini, persentase area yang memenuhi standar pada simulasi bulan desember cukup baik, berkisar antara 16% - 30%, distribusi iluminannya berupa kurva landai, dimana ini berarti cahaya tersebar merata hingga titik ukur yang paling dalam.

Variasi yang memiliki kinerja yang paling buruk, yaitu A3x, A3z, B2y dan B3y. persentase area yang memenuhi standar pada keempat variasi tersebut, berada pada kisaran 1%-15%, dimana kondisi ini kurang baik untuk memenuhi kebutuhan aktivitas di dalam ruang. Serta kurva distribusi cahaya cenderung curam antara area yang dekat dengan bidang transparan dengan area ruang yang paling belakang.

Hal ini sesuai dengan teori yang disampaikan oleh Lechner (2009), bahwa posisi bidang transparan yang terkonsentrasi pada satu area fasad dapat membuat cahaya terakumulasi pada satu titik dan tidak tersebar merata. Namun pada bidang transparan yang tersebar merata justru menghasilkan kurva yang lebih curam dibandingkan, bukaan yang terkonsentrasi pada satu area fasad.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan tentang kategori variasi layout, dan bidang transparan pada fasad, pada apartemen berkonsep *open building*. Dengan menjelaskan kuantitas penerangan dalam ruang, serta mengevaluasi, dan menjelaskan konsekuensi dari kategori variasi *layout*, dan bidang transparan pada fasad, terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang.

Hasil penelitian ini adalah variasi *layout* dan posisi bidang transparan, yang dapat diterapkan pada open building, dan menjelaskan konsekuensi dari masing - masing kategori variasi, yang paling baik sesuai kinerja pencahayaan alami. Pada penelitian ini dilihat berdasarkan distribusi iluminan, dan rata – rata iluminan. Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan :

5.1.1. Kemungkinan kategori variasi *layout* dan bidang transparan pada fasad pada bangunan apartemen berkonsep *open building*

Untuk menata apartemen dengan dua kamar tidur didapat 2 variasi yang terbaik yaitu: posisi ruang tidur diletakan terpusat pada satu sisi ruang (Variasi A2), dengan pola tatanannya yaitu pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur, sementara itu perubahan yang dapat dilakukan pada pola ini yaitu posisi ruang tidur diletakan menyebar pada area bidang transparan (seperti pada variasi A3),di mana pola tatanan ruangnya, pintu masuk, dapur, ruang tamu, ruang makan, dan kamar tidur pada area bidang transparan. Posisi ini sudah sesuai dengan kajian preseden pada aartemen 2 kamar tidur yang ada di Surabaya. Pada open building kemungkinan penambahan ruang tidur pada satu unit hunian dapat dilakukan dengan menambahkan partisi. Variasi layout 3 kamar tidur yang didapat berdasarkan hasil kajian preseden apartemen 3 kamar tidur di Surabaya yaitu, posisi ruang diletakan menyebar pada area bidang transparan pada variasi B2,yaitu dengan pola ruangnya

yaitu, pintu masuk, dapur, ruang makan, ruang tamu, dan kamar tidur. Sementara pada variasi B3 untuk apartemen dengan 3 kamar tidur, pola ruangnya sama, namun posisi ruang tidur diletakan berhadapan dengan bidang transparan.

Terdapat tiga posisi bidang transparan, yaitu posisi 1 bidang transparan pada fasad untuk satu ruang, posisi dua bidang transparan pada fasad untuk satu ruang, dan posisi tiga bidang transparan pada fasad untuk satu ruang. Bentuk bidang transparan vertikal merupakan bentuk yang sesuai dengan preseden apartemen di Surabaya, serta bentuk ini dapat mengakomodasi cahaya agar dapat masuk kedalam ruang dan juga untuk memberikan view yang baik bagi penghuni ke luar bangunan.

5.1.2. Konsekuensi masing – masing kategori variasi *layout* dan bidang transparan tersebut terhadap kinerja pencahayaan alami dalam ruang

Perubahan posisi kamar tidur didalam unit hunian memberi pengaruh yang cukup besar terhadap distribusi iluminan dan rata – rata iluminan didalam ruang. Posisi kamar tidur yang terkonsentrasi pada satu sisi ruang, menghasilkan kinerja iluminan berupa rata – rata iluminan dan distribusi iluminan yang cukup baik, dan dapat menjangkau hingga area yang paling dalam. Persentase area yang memenuhi standar berkisar antara 25%-27% dimana menurut Dinapradipta (2015) minimal area yang mendapat cahaya alami untuk beraktivitas harus memenuhi standar iluminasi sebesar 30%, dibawah 30% merupakan kondisi intermediate (cukup baik).

Sedangkan untuk distribusi iluminan dan rata – rata iluminan, pada posisi bidang transparan satu bidang, dan tiga bidang transparan lebih baik dibandingkan distribusi pada posisi dua bidang transparan. Hal ini sejalan dengan teori yang disampaikan oleh Lechner (2009), dimana posisi bidang transparan yang tersebar pada fasad, dapat mendistribusikan cahaya dengan baik.

Perubahan posisi ruang tidur tersebar pada area perimeter atau dekat bidang transparan (variasi A3), mengakibatkan penurunan rata – rata iluminasi, dan penurunan persentase area yang memenuhi standar sangat signifikan. Penyebaran cahaya alami didalam ruang menjadi semakin terbatas, karena posisi dinding partisi

pada kamar tidur menghambat distribusi kedalam area paling dalam. Hal ini mengakibatkan nilai iluminasi pada kamar tidur menjadi lebih tinggi, namun hal ini masih dapat ditolerir dengan menggunakan tirai.

Penambahan kamar tidur pada unit hunian juga mengakibatkan penurunan persentase area yang memenuhi standar sangat signifikan. Posisi ruang tidur yang berhadapan dengan bidang transparan (variasi B3), mengakibatkan cahaya tidak dapat menjangkau hingga kedalam kamar, sehingga untuk memenuhi kebutuhan pencahayaan alami dalam tujuan kesehatan, baik untuk mendapatkan sinar matahari pagi yang cukup, dan untuk membunuh kuman tidak dapat tercapai. Oleh karena itu, variasi ini merupakan variasi yang memiliki kinerja yang paling buruk.

5.2. Saran

Dari kesimpulan diatas maka saran yang dapat diberikan, untuk apartemen berkonsep open building yaitu :

1. Perubahan model variasi layout A2 dapat dipertimbangkan untuk diterapkan pada *base case* serupa, karena kinerjanya cukup baik dibandingkan variasi lainnya.
2. Dalam merancang open building agar dapat memberikan pencahayaan yang lebih baik ketika penghuni ingin mengubah layout huniannya, maka sebaiknya mempertimbangkan :
 - a. Penggunaan partisi dengan bukaan
Pemilihan partisi yang tepat dalam merancang open building, yaitu dengan menggunakan partisi dengan bukaan kaca pada bagian atas, dapat membantu menyalurkan cahaya alami pada area paling belakang.
 - b. Menggunakan *light shelf*.
Penggunaan *light shelf* pada *sidelighting* dapat memantulkan cahaya agar dapat diteruskan kedalam ruangan yang paling jauh dari *sidelighting*.
 - a. Pada area yang cahayanya lebih terang dapat diatasi dengan menggunakan tirai untuk mencegah silau.

b. Pada penelitian ini keterbatasan program juga menjadi sedikit hambatan.

Pada program *Radiance* yang digunakan tidak dapat mensimulasikan kondisi terkait bukaan pada partisi di dalam ruang. Sehingga hasilnya tidak terplot pada grid simulasi.

Setiap penelitian terdapat beberapa kelemahan, termasuk dalam penelitian ini, sehingga perlu dilanjutkan dengan penelitian – penelitian yang akan datang. Penelitian ini hanya dilakukan melalui simulasi dan belum dilakukan dengan penelitian lapangan, serta melibatkan penghuni. Artinya, Analisa terkait kenyamanan visual hanya berdasarkan pada standar yang sudah ada. Pencahayaan alami dalam persepsi mata manusia akan sangat subjektif, oleh karena itu diperlukan penelitian lebih mendalam yang membahas tentang kenyamanan visual penghuni.

DAFTAR PUSTAKA

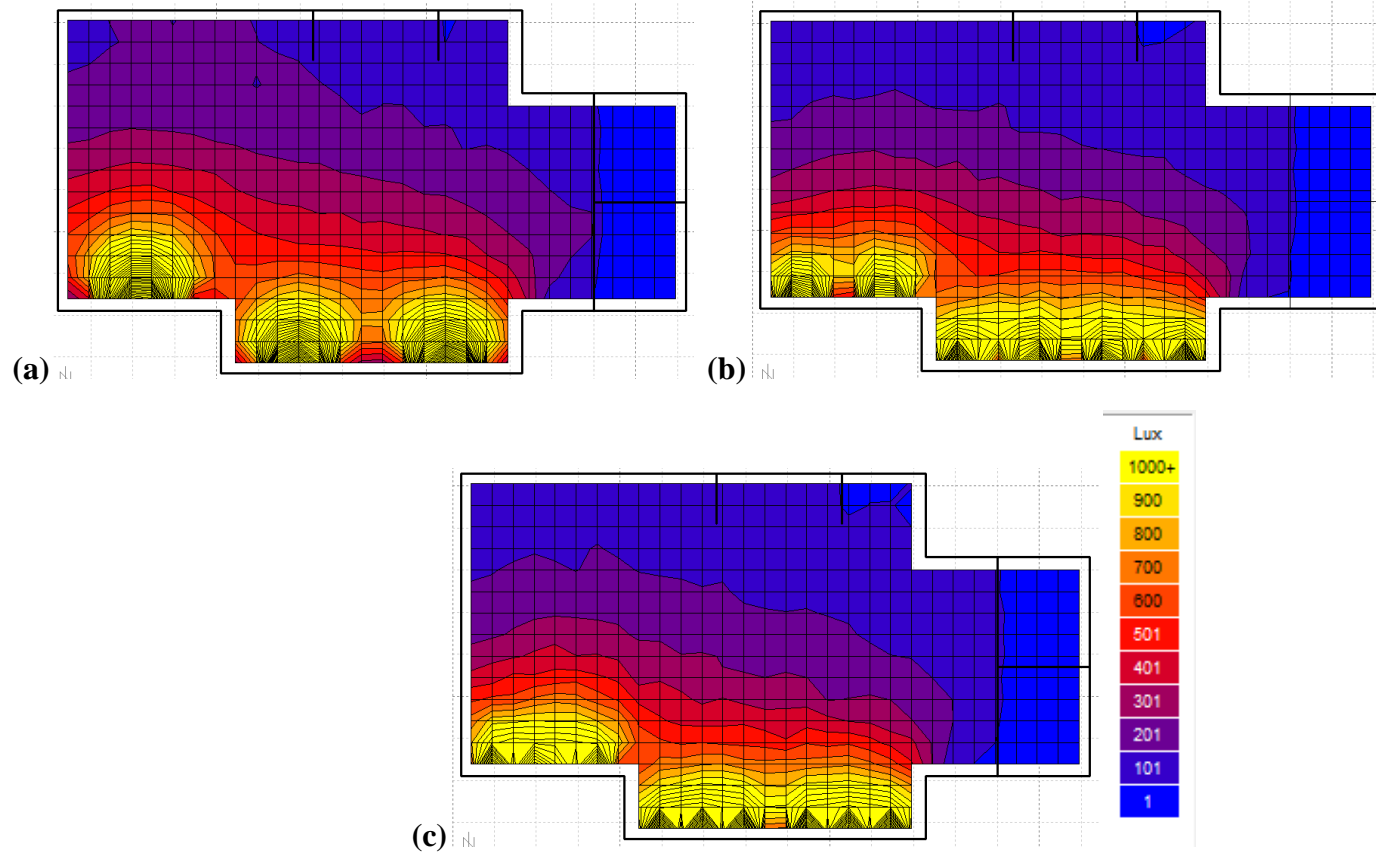
- Akmal, Imelda. (2007), “Menata Apartemen”, Gramedia: Jakarta
- Ander, Gregg D, (1995), Daylighting Performance and Design, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Arjmandi H, dkk (2010). “Application of Transparency to Increase Day-Lighting Level of Interior Spaces of Dwellings in Tehran - A Lesson from the Past”. Department of Architecture, Universiti Kebangsaan Malaysia Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM, Bangi, Selangor, MALAYSIA.
- Baker, Nick. (2001), Climate Responsive Architecture: A Design Handbook for Energy Efficient Buildings, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Bean, Robert. 2004. *Lighting Interior And Exterior*. Massachusetts: Architectural Press.
- Chien dan Wang, (2014). Smart partition system – A room level support system for integrating smart technologies into existing buildings. *Frontiers of Architectural Research* Vol 3, hal 376–385.
- Dora & Nilasari (2011). Pemanfaatan pencahayaan alami pada rumah tinggal tipe *townhouse* di Surabaya.
- Dinapradipta, A (2015). Office Building Façades for functionality and Adaptability in humid tropical cities : Multi-cases studies of office building in Jakarta – Indonesia. Faculteit Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven.
- Egan, M.David dan Olgyay, Victor W, (2002). Architectural Lighting, Second Edition, McGraw-Hill Company, New York.
- Evans, B.H. (1981), Daylight in Architecture, Mc Graw-Hill, New York.
- Guzowski, M. (1999), Daylighting for Sustainable Design, Mc Graw-Hill, New York
- Ji-Eun Lee and Kang Up Lee. (2014). “The Study on the Elevation Design of Apartments Incorporating Daylight Performance”. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, Vol. 6, No. 1.

- Jinxiu Wu, dkk (2011). “Application og Open Building Principles in Ecological Renovation & Adaptation Design of Modern Historical Buildings in Nanjing, China”. *Architecture in the Fourth Dimension* | Nov. 15 – 17, 2011 | Boston, MA, USA.
- Kisnarini, R. (2015). *Functionality and Adaptability of Low Cost Apartement Space Design*, Tesis Ph.D., Eindhoven University of Technology. The Netherlands.
- Kendall, S and Teicher, J. (2000). *Residential Open building*. E & FN Spon. London and New York.
- Kerr, Thor. 2008. *The Green Future of Buildings*. Futurarc Magazine, 3rd quarter, volume 10. Jakarta: PT BCI Asia Construction Information Pte Ltd
- Kung-Jen, Tu. (2014). “*Open Building Solutions for Sustainable Renovation of Existing Apartment Buildings in Taiwan*”. National Taiwan University of Science and Technolgoy, Taipei, Taiwan
- Koenigsberger, O.H et al (1973), “*Manual of Tropical Housing and Building*”, Part 1 Climatic Design, Longman Group Limited, London
- Lechner Norbert. 2007 *Heating, Cooling, Lighting, Design Method for Architects*, Jakarta ; PT.Rajagrafindo Persada.
- Marlina, Endy (2008), *Panduan Perancangan Bangunan Komersial*, ANDI, Yogyakarta.
- Ministry of Housing and Local Government (1961) *Homes for Today and Tomorrow* (Report of the Parker Morris Committee), HMSO: London.
- Minami Kazunobu, 2011. “*Analysis of Long Term Occupancy Records of Public Housing in Japan*”. *Architecture in the Fourth Dimension* | Nov. 15 – 17, 2011 | Boston, MA, USA.
- Moore, Fuller (1993), “*Environmental Control Systems : Heating , Cooling and Lighting*“, McGraw Hill, New York
- Mortensen, P. 2011. “*Situation-Based Housing: Urban Dwellings Suitable for Changing Life Conditions*”. *Architecture in the Fourth Dimension* | Nov. 15 – 17, 2011 | Boston, MA, USA.
- Neufert, Ernest. 1980. *Architect’s Data Second (International) English Edition*, Granada Publishing.

- Pilatowicz, Grazyna. 1995. *Eco-Interiors, A Guide to Enviromentally Conscious Interior Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Pile John F. 1988. Interior Design (book). Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. Harry N Abrams Incorporated, New York.
- Stein.1967. Apartemen, [www.ml.scribd.com/doc/ 59215188/tugas -apartemen](http://www.ml.scribd.com/doc/59215188/tugas-apartemen), diakses April 2016.
- Suwantoro, Hajar. 2006 *Pencahayaayan Alami pada Ruang Kuliah Labtek IXB Jurusan Teknik Arsitektur ITB*. Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Suprpto, dan Sodikin. (2014). “Daylighting untuk Perumahan Sederhana”. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. Yogyakarta, 15 November 2014.
- Szokolay, S. V. (2004), Introduction to Architecture Science : The Basis of Sustainable Design, Architectural Press, Oxford.
- Talarosha, Basaria. 2005. Menciptakan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, Volume 6, No. 3.
- Thompson Steve. (2007). “*Dwellings for today and tomorrow: a people-focussed, sustainable approach to design utilising an open building manufacturing approach*”. Open building manufacturing : core concepts and industrial requirements.
- Tomah A, et al. 2015. “ The concept of privacy and its effects on residential layout and design: Amman as a case study”. *Science direct journal : habitat international* 53 (1-7).
- Winarto, Erwin Djuni. (2007), Pengaruh Penerangan Alam Pada Kinerja Ruangan Kerja Dosen, UPN Veteran Jawa Timur.
- Wynne, Richard. (2015). “Better Apartment – a disscusion paper”. Departemen of Environtment, Land, and Water & Planning. Victoria.
- SNI 03-6197-2000 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaayan pada Bangunan Gedung.

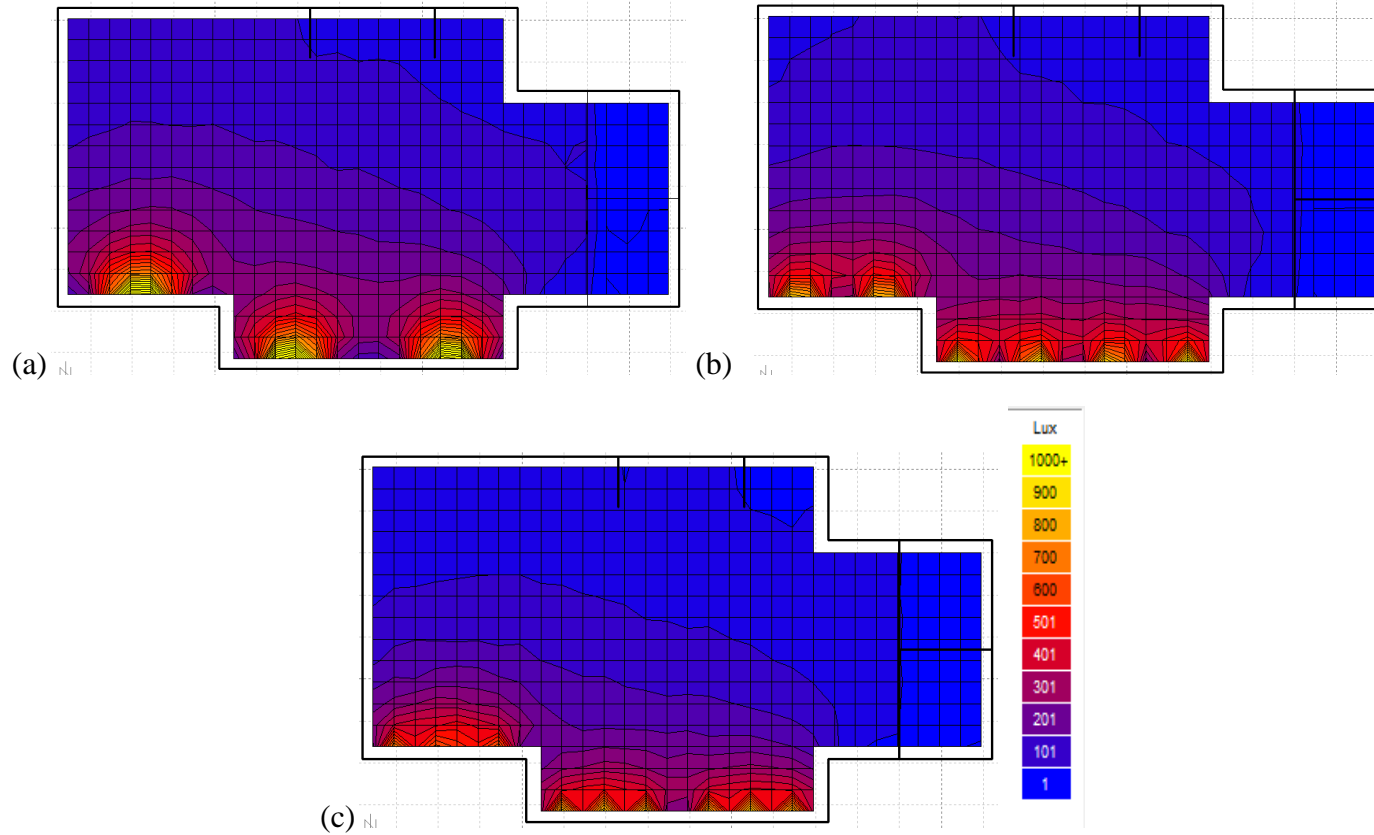
Lampiran 1

Peta Kontur Distribusi Iluminan *Base Case* Tanggal 15 Oktober Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



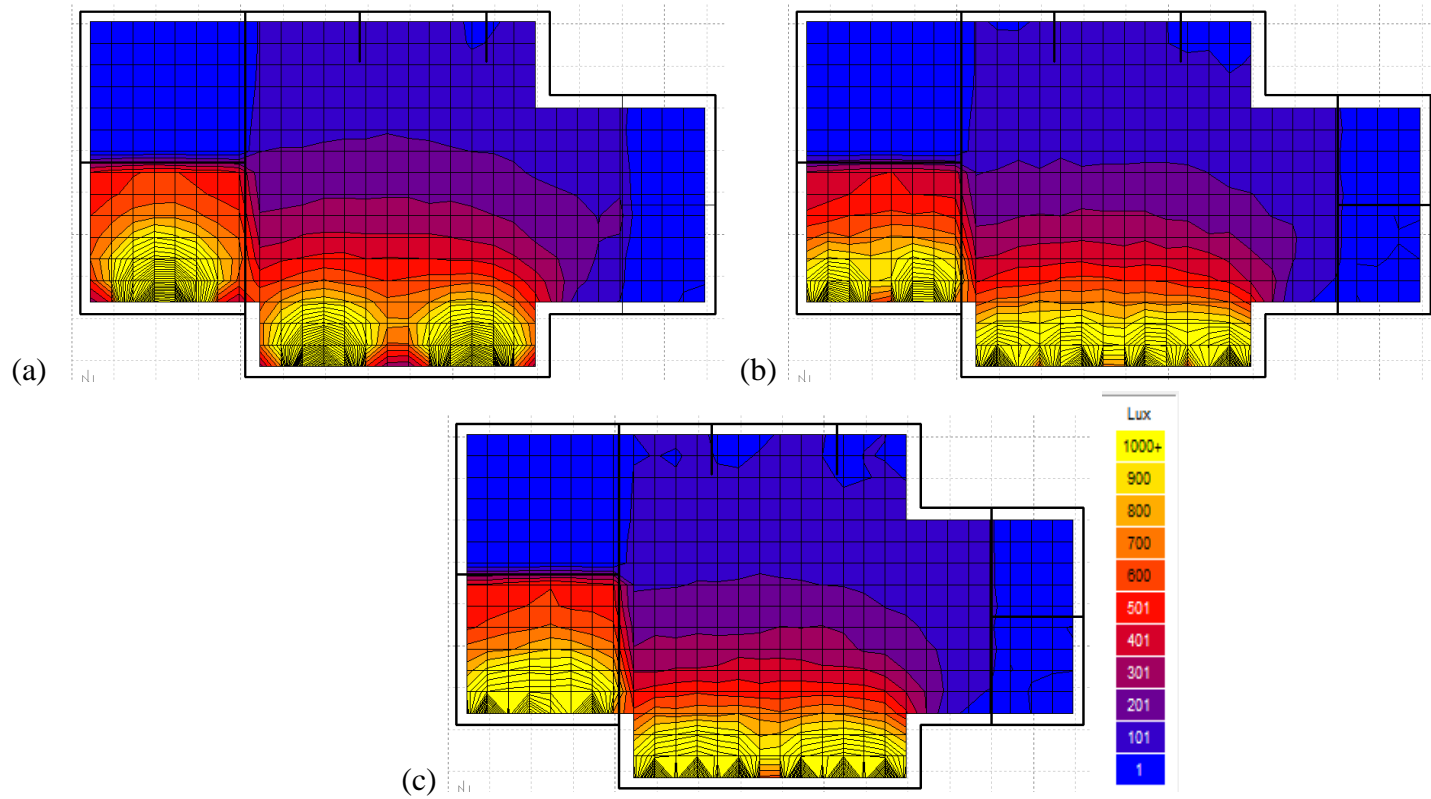
Lampiran 2

Peta Kontur Distribusi Iluminan *Base Case* Tanggal 15 Desember Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



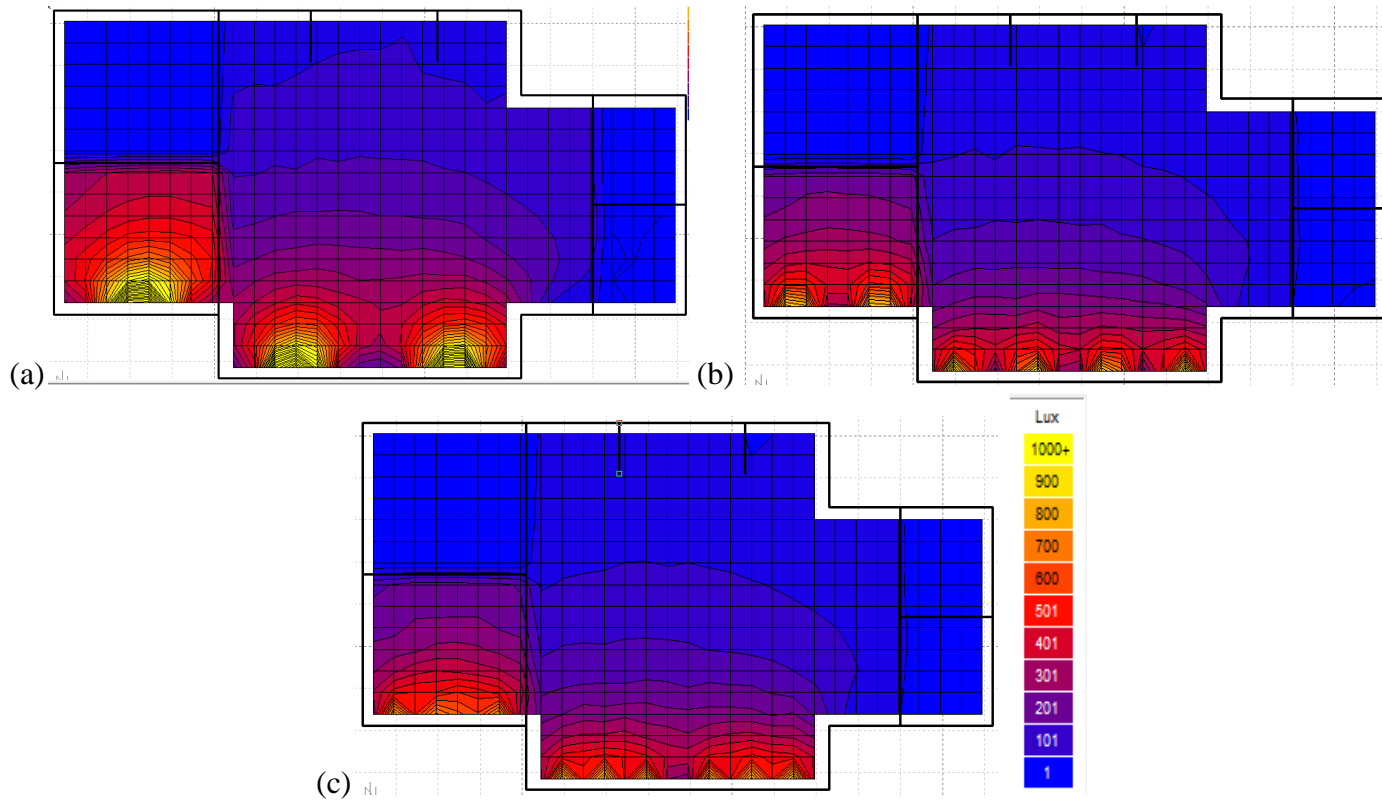
Lampiran 3

Peta Kontur Distribusi Iluminan A2 Tanggal 15 Oktober Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



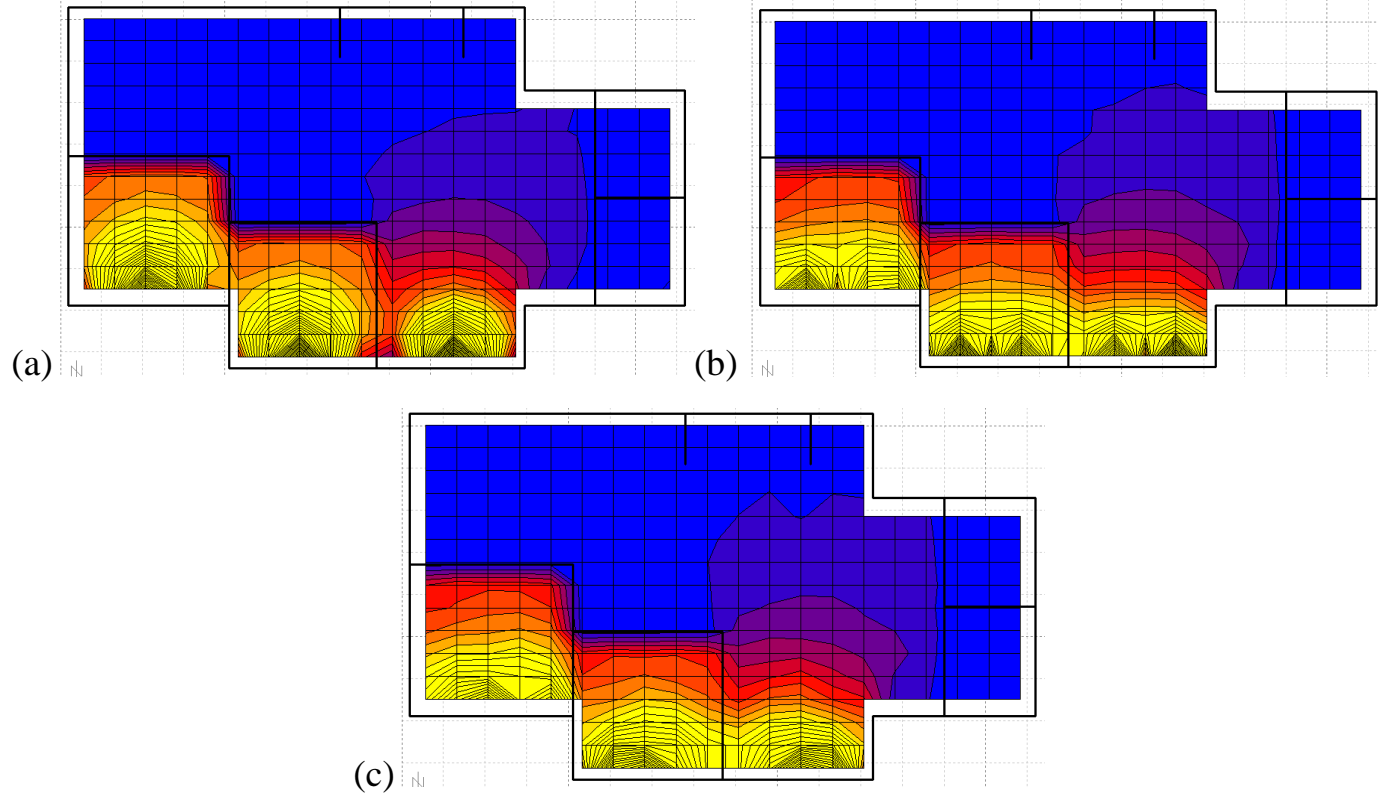
Lampiran 4

Peta Kontur Distribusi Iluminan A2 Tanggal 15 Desember Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



Lampiran 5

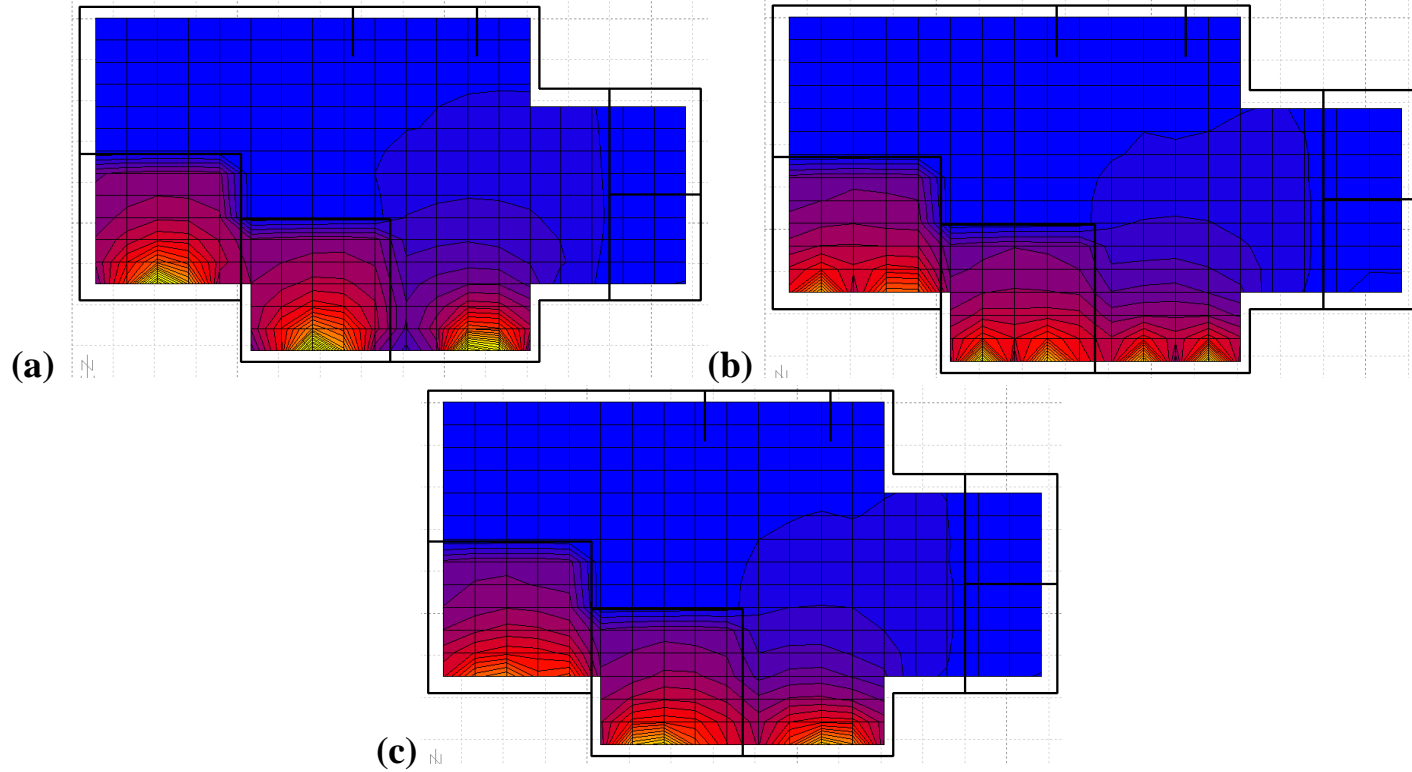
Peta Kontur Distribusi Iluminan A3 Tanggal 15 Oktober Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



Lampiran 6

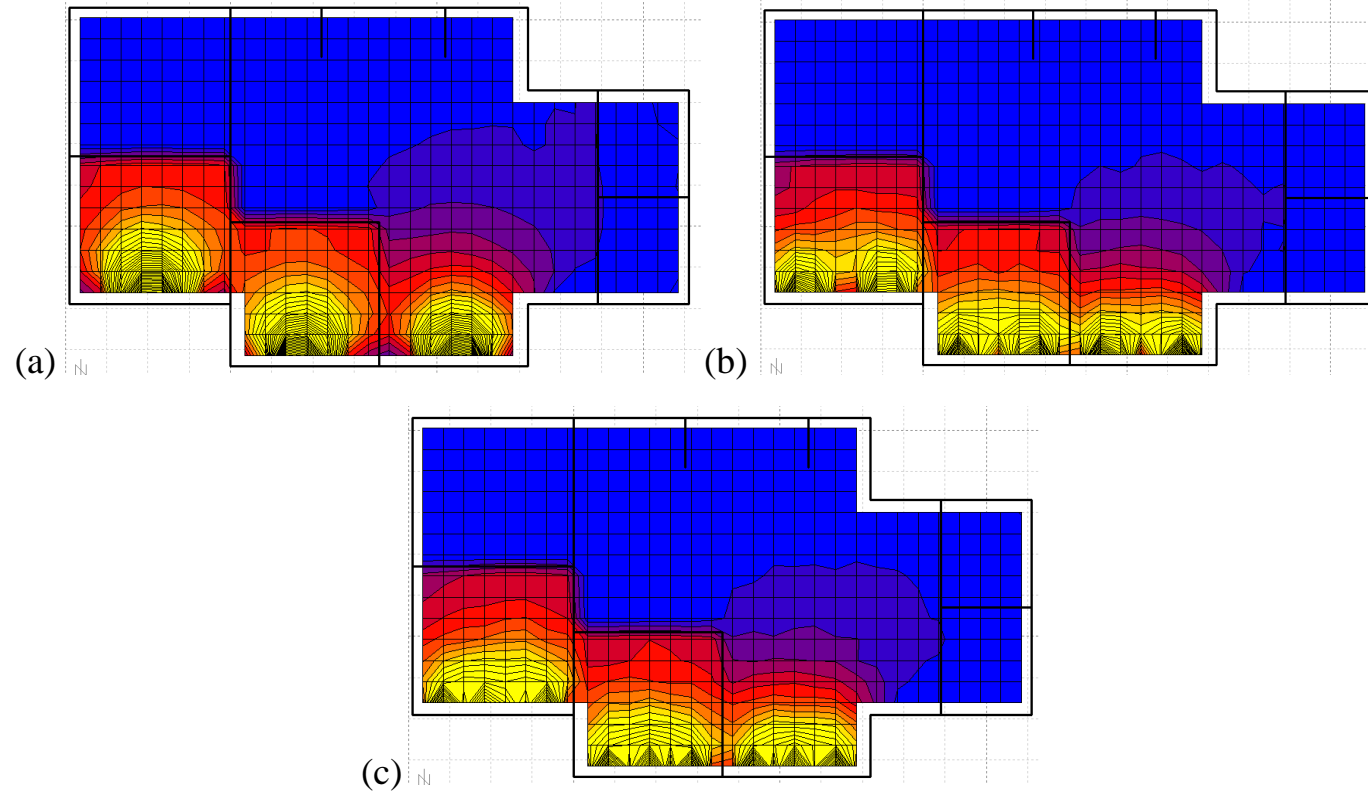
Peta Kontur Distribusi Iluminan A3 Tanggal 15 Desember Dengan Bidang Transparan

(a)X, (b)Y, Dan (c)Z



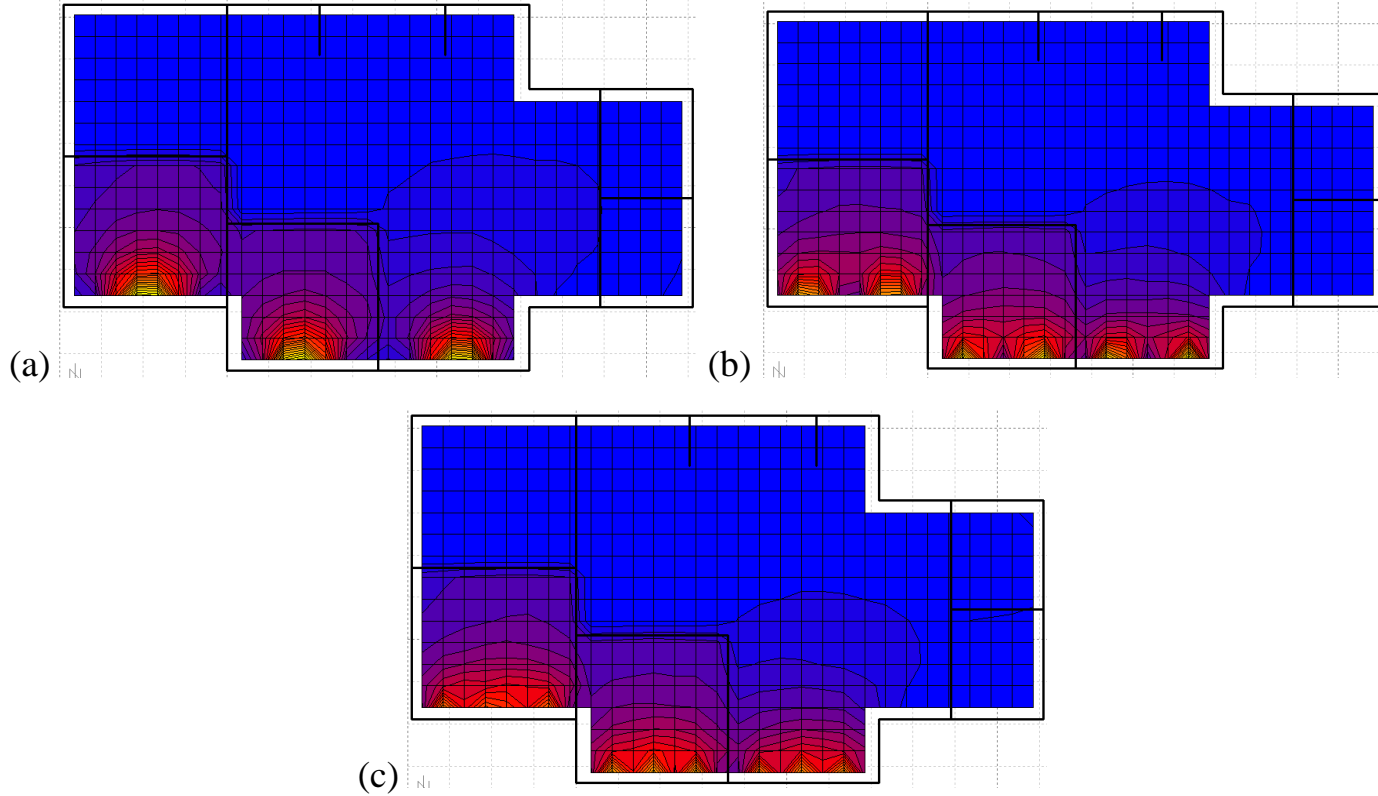
Lampiran 6

Peta Kontur Distribusi Iluminan B2 Tanggal 15 Oktober Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



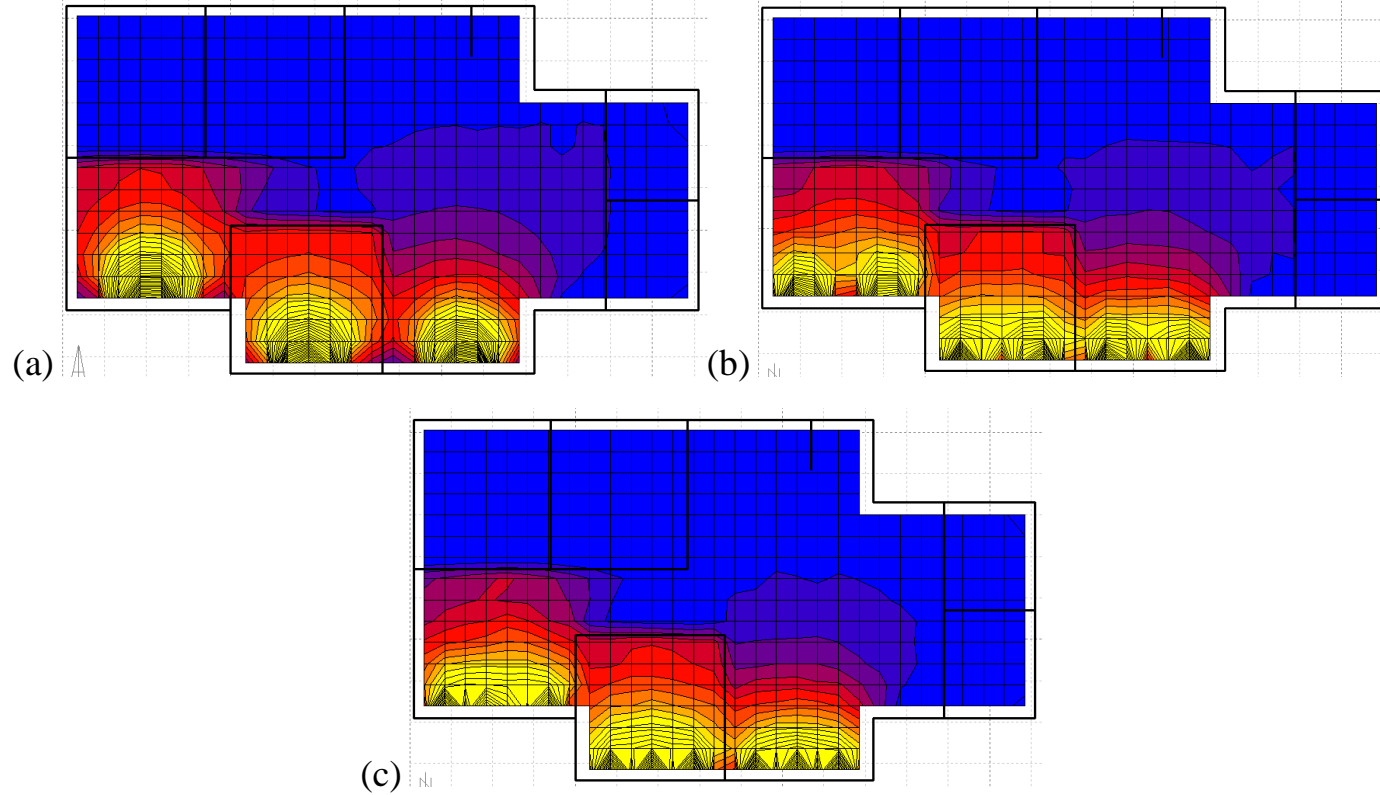
Lampiran 7

Peta Kontur Distribusi Iluminan B2 Tanggal 15 Desember Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



Lampiran 8

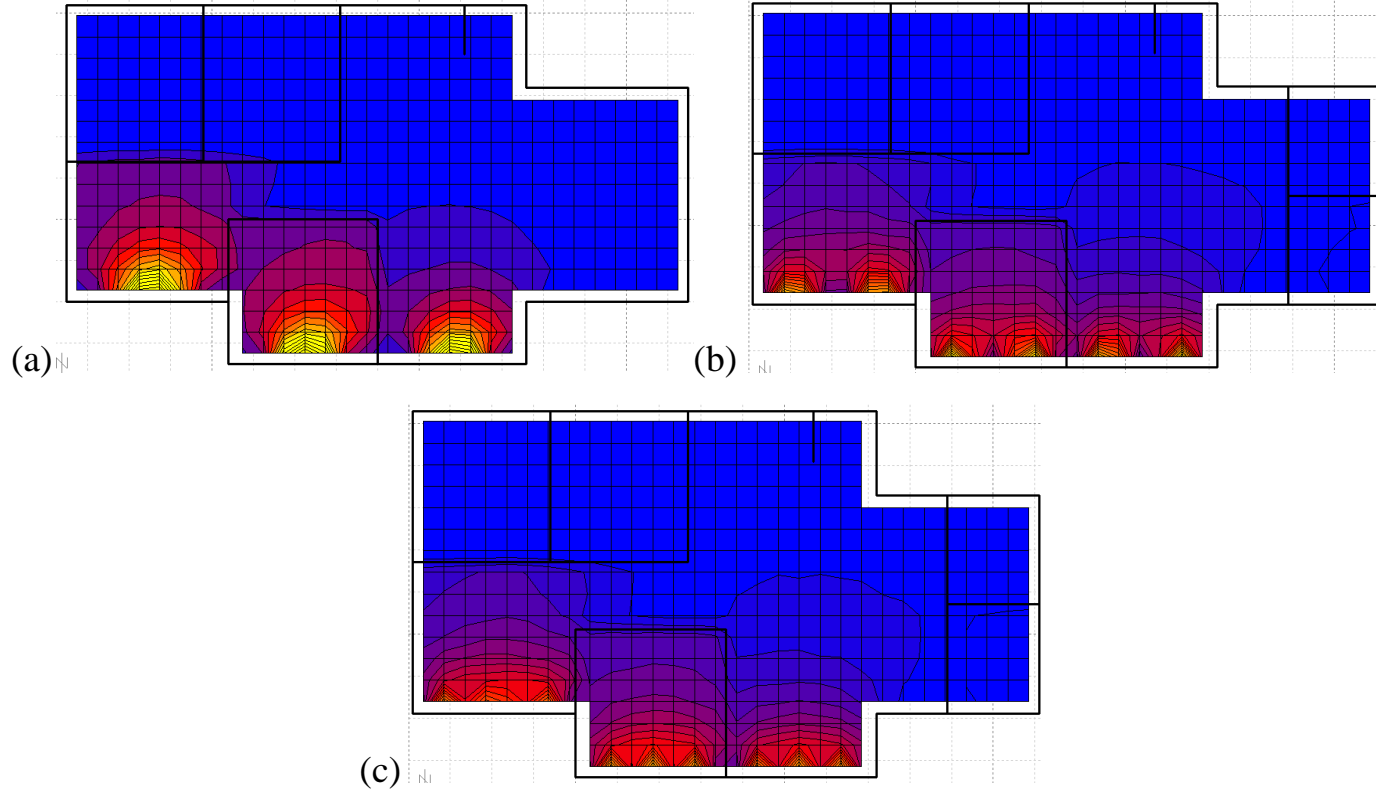
Peta Kontur Distribusi Iluminan B3 Tanggal 15 Oktober Dengan Bidang Transparan (a)X, (b)Y, Dan (c)Z



Lampiran 9

Peta Kontur Distribusi Iluminan B3 Tanggal 15 Desember dengan Bidang Transparan

(a)X, (b)Y, Dan (c)Z



BIODATA PENULIS

Maria Lady Hendrik, ST. lahir di Jakarta tanggal 30 September 1989. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD inpres Maulafa, SMPN 1 Kupang, SMAN 4 Kupang, dan S1 di Universitas Nusa Cendana, jurusan Arsitektur. Kemudian penulis melanjutkan studinya di Program Pascasarja bidang Perancangan Kota, jurusan Arsitektur Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2015). Sebelum melanjutkan S2, penulis pernah bekerja di Radio Swasta sebagai asisten editor berita selama 1,5 tahun. Penulis telah menyelesaikan tesisnya yang berjudul Pengaruh Layout terhadap Kinerja Pencahayaan Alami pada Apartemen Berkonsep Open *Building*, pada tahun 2017. Untuk pengembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan terkait desain ruang dan pencahayaan alami, penulis dengan senang hati menerima kritikan, saran dan diskusi terkait tesis ini. Penulis dapat dihubungi ke alamat email mariahendrik.mh@gmail.com.